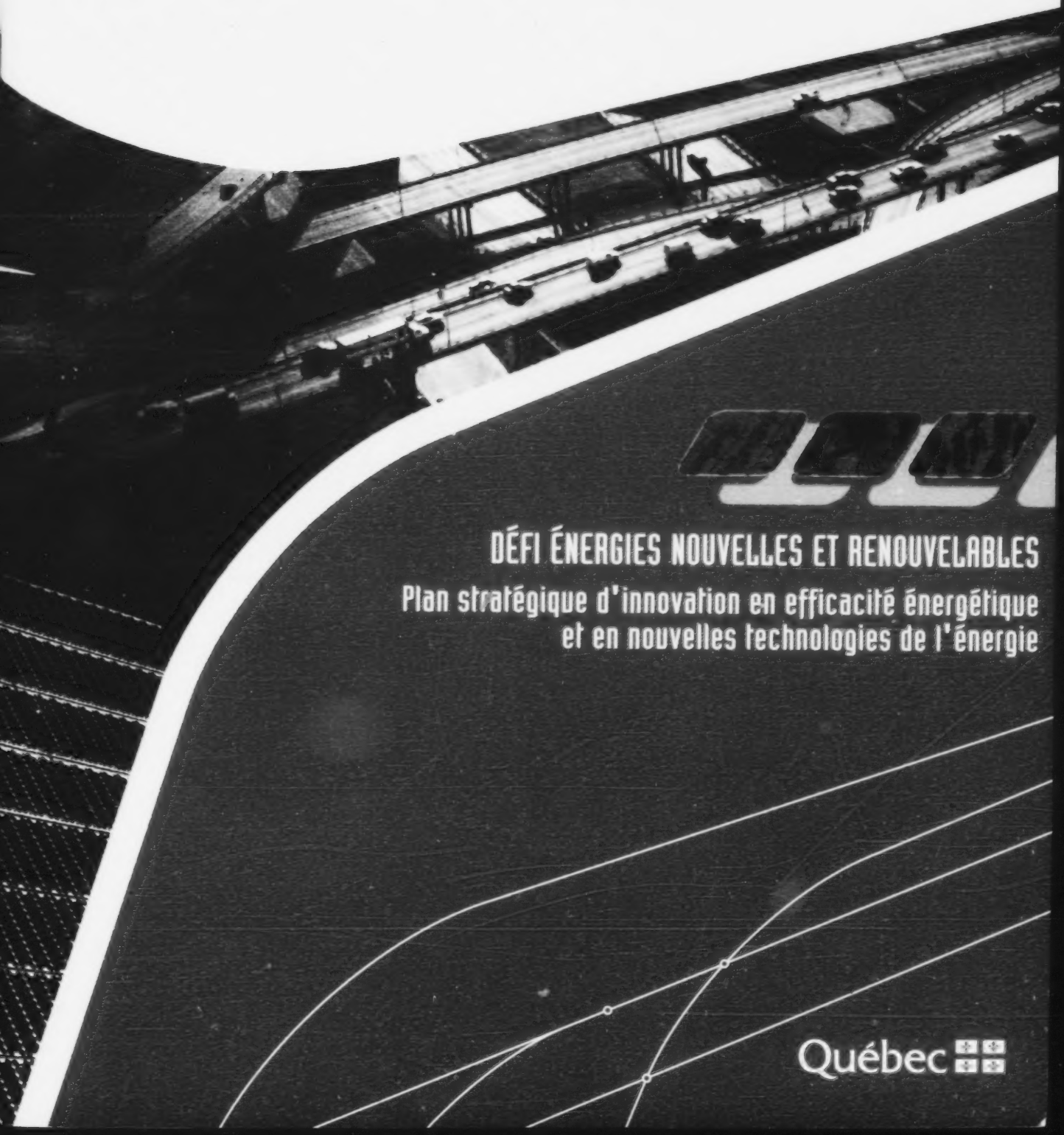
CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

perspectives|sts



DÉFI ÉNERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES

Plan stratégique d'innovation en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie

Québec

DÉFI « ÉNERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES »

Plan stratégique d'innovation en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie

Perspectives STS

2008

Cette publication a été éditée par le
Conseil de la science et de la technologie
1200, route de l'Église, bureau 3.45
3e étage
Québec (Québec) G1V 4Z2
Téléphone : 418 644-1165
Télécopie : 418 646-0920

Ce document est accessible sur le site Web du
Conseil de la science et de la technologie
http://www.cst.gouv.qc.ca

Recherche et rédaction
Richard Blanchette

Coordination des communications
Katerine Hamel
Agente d'information

Mise en pages
Catherine Moreau

Conception graphique de la page couverture
Bleu Outremer

Révision linguistique
Le Graphe

Dépôt légal – 1er trimestre 2008
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 978-2-550-52084-9

Pour faciliter la lecture du texte, le genre masculin est utilisé sans aucune intention discriminatoire.

© Gouvernement du Québec 2008

Note

Le Conseil de la science et de la technologie est heureux de publier ce plan stratégique, produit dans le cadre de la phase II du projet *Perspectives STS*[1].

Ce document est le résultat des travaux d'un comité de pilotage, formé essentiellement de chercheurs et d'utilisateurs de la recherche. Les membres du comité ont été nommés par le Conseil et par ses partenaires, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), l'Agence de l'efficacité énergétique (AEE), le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) et Hydro-Québec. Le comité de pilotage a reçu le mandat d'élaborer un projet de plan stratégique de recherche-développement et de démonstration pouvant aider à relever l'un des grands défis socioéconomiques du Québec, celui des « Énergies nouvelles et renouvelables ».

Tout au long de cette opération, le rôle du Conseil et de ses partenaires a consisté à faciliter le processus. Le secrétariat du Conseil a notamment mis à la disposition du comité une ressource professionnelle pour le travail de recherche et de rédaction ainsi que pour en assurer les fonctions logistiques.

Il est important de préciser que le contenu du plan stratégique, y compris les actions qui y sont recommandées, relève de l'entière responsabilité du comité de pilotage. Cette ligne de conduite est conforme à l'esprit du projet *Perspectives STS* qui, depuis ses débuts et à chacune de ses étapes, laisse aux acteurs concernés toute latitude pour décider entre eux de leurs choix. Ainsi, ni le Conseil lui-même ni le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation, qui a soutenu financièrement le projet *Perspectives STS* dans son ensemble, n'ont participé à l'élaboration de ces contenus. Il convient également de noter que les recommandations émises par le comité de pilotage ne constituent pas à ce stade des engagements pris par le gouvernement.

Le Conseil souhaite que le plan stratégique connaisse toute la diffusion et ait tout l'impact qu'il mérite.

---

1. Pour toute information sur le projet *Perspectives STS*, on est prié de consulter le site Web du Conseil à l'adresse www.cst.gouv.qc.ca.

Préambule

Le Plan stratégique se veut une réponse au défi « Énergies nouvelles et renouvelables » déterminé au terme de la phase 1 du projet *Perspectives STS (science, technologie, société)*. Ce projet d'envergure, mis en œuvre par le Conseil de la science et de la technologie (CST) en 2003, constitue une démarche unique au Québec. Le projet comprend deux phases.

Libellé original du défi

Réduire notre dépendance à l'égard des énergies fossiles et faire du Québec un leader dans les domaines de l'efficacité énergétique, de l'énergie renouvelable, du transport en commun et des nouvelles technologies de l'environnement.

Lors de la **première phase**, trois consultations ont eu lieu :

- une consultation menée à l'hiver 2004 auprès du grand public (1 625 personnes) sur les préoccupations relatives à l'avenir et sur la perception des grands problèmes socioéconomiques que devrait affronter le Québec dans les vingt prochaines années;
- un atelier de prospective qui consistait à établir une liste d'une quarantaine de défis socioéconomiques majeurs pour le Québec. Cet atelier, qui a eu lieu à l'automne 2004, réunissait une centaine de personnalités de divers milieux de la société québécoise;
- une consultation menée à l'hiver 2005 auprès de l'ensemble de la communauté québécoise de la recherche (1 300 répondants) les invitant à sélectionner, parmi les défis proposés à l'étape précédente de la démarche, ceux pour lesquels la recherche scientifique et le développement technologique pourraient apporter une contribution significative au cours des dix prochaines années.

Ces consultations ont permis de déterminer sept défis majeurs pour le Québec[2]. Pour chacun d'eux, un groupe de travail constitué d'experts a été chargé, au printemps 2005, de rédiger un rapport succinct illustrant le défi et ses enjeux, et donnant un aperçu des principaux chantiers de recherche qui permettraient de relever le défi. Les conclusions des travaux des comités illustrant les contributions possibles de la recherche à la réalisation de ces sept défis ont fait l'objet d'une publication du Conseil de la science et de la technologie[3].

---

2 Les sept défis sont : (1) Habitudes de vie; (2) Efficacité du système de santé; (3) Gestion des ressources naturelles et développement durable; (4) Formation; (5) Créneaux stratégiques et prioritaires; (6) Énergies nouvelles et renouvelables; (7) Lutte contre la pauvreté.

3 *Les contributions possibles de la recherche à sept grands défis socioéconomiques du Québec*, rapport de l'étape 4 de *Perspectives STS*, Conseil de la science et de la technologie, septembre 2005.

La **deuxième phase** a débuté avec la mise en place de comités de pilotage pour quatre des sept défis retenus au terme de la première phase[4]. Ainsi, en 2006, le Conseil et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), l'Agence de l'efficacité énergétique (AEE), le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) et Hydro-Québec ont formé un comité de pilotage[5] pour le défi « Énergies nouvelles et renouvelables ». Ce comité, qui réunissait des personnes venant des secteurs gouvernemental, industriel et universitaire, avait pour mandat d'élaborer un plan stratégique de recherche et d'utilisation des connaissances en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie (NTE). Le présent rapport est le résultat des travaux de ce comité.

Par ailleurs, le Plan stratégique a également été élaboré dans le but d'orienter le programme d'aide en efficacité énergétique et nouvelles technologies énergétiques que doit établir l'Agence de l'efficacité énergétique en réponse au mandat confié par le gouvernement du Québec, à la suite de l'application de la *Loi concernant la mise en œuvre de la stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives*[6].

4 Les documents de stratégies de trois des défis sont disponibles à l'URL suivante : http://www.cst.gouv.qc.ca/LE-PROJET-PERSPECTIVES-Science,384.

5 Voir l'annexe 1 pour la liste des membres du comité de pilotage.

6 *L'énergie pour construire le Québec de demain*, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006.
Loi concernant la mise en œuvre de la stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives, Lois du Québec 2006, chapitre 46.

Résumé

Le Plan stratégique se situe dans le prolongement de la Stratégie énergétique et de la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation (SQRI)[7], toutes deux rendues publiques en 2006, et sont en accord avec les lois, politiques, stratégies et plans gouvernementaux publiés depuis 2004 sur le transport collectif[8], le développement durable[9] et la lutte contre les changements climatiques[10]. Il porte autant sur la recherche universitaire que sur la recherche industrielle, l'idée maîtresse étant de réduire notre dépendance aux combustibles fossiles tout en encourageant le développement économique du Québec. Enfin, les retombées attendues du Plan stratégique se situent principalement à moyen terme (5-10 ans), bien que ce dernier se préoccupe aussi des retombées à court terme (1-5 ans) et à long terme (10 ans et plus).

Le Plan stratégique adopte trois orientations :

1. **Le soutien aux technologies stratégiques** qui présentent un bon potentiel d'efficacité énergétique et de production d'énergie à partir de sources renouvelables;
2. **Le maintien et la consolidation des compétences** déjà en place dans les domaines où il y a un avantage comparatif reconnu pour le Québec;
3. **La réalisation des retombées économiques, sociales et environnementales** attendues du développement de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie.

À partir des orientations adoptées et des principales filières technologiques que la Stratégie énergétique du Québec (2006)[11] a retenues, trois axes d'innovation et de développement sont proposés (voir le schéma 1). De plus, des objectifs de recherche sont proposés pour chacun des axes, selon les volets (voir le tableau 1).

7 *L'énergie pour construire le Québec de demain*, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006.
Un Québec innovant et prospère, Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), 2006.

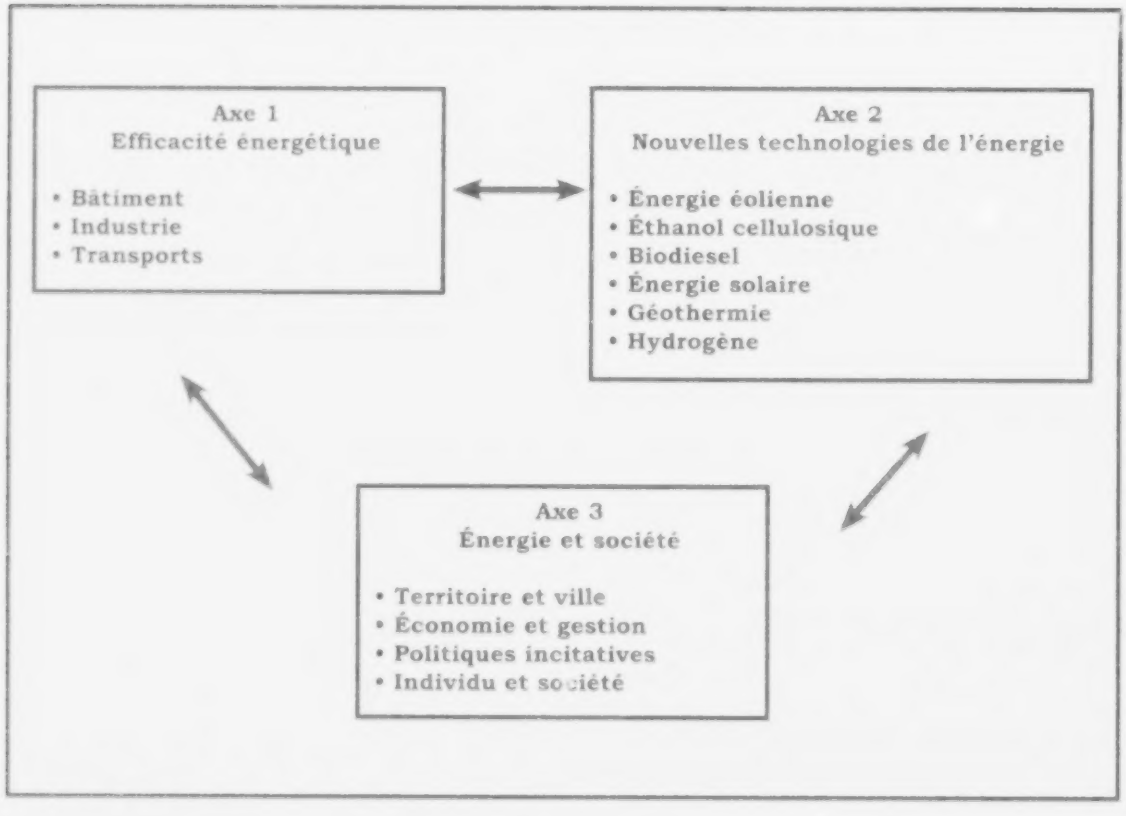
8 *Le transport des personnes au Québec : pour offrir de meilleurs choix aux citoyens*, Politique québécoise du transport collectif, ministère des Transports (MTQ), 2006.

9 *Loi sur le développement durable*, Lois du Québec 2006, chapitre 3.

10 *Le Québec et les changements climatiques : un défi pour l'avenir*, Plan d'action 2006-2012, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006.

11 *L'énergie pour construire le Québec de demain*, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006.

Schéma 1
Les trois axes d'innovation et de développement



Les deux premiers axes présentent des solutions technologiques à notre dépendance aux combustibles fossiles. Ils font largement appel aux sciences naturelles et au génie afin de développer l'efficacité énergétique et certaines filières technologiques parmi les nouvelles technologies de l'énergie. Quant au troisième axe, il met à contribution les sciences humaines et sociales, les sciences économiques, les sciences de la gestion, sans oublier l'architecture, l'urbanisme et l'aménagement du territoire.

Les trois axes se veulent à la fois distincts et complémentaires. Par exemple, le domaine des transports requiert tout autant des gains sur le plan de l'efficacité énergétique (axe 1) et une diminution de la consommation de pétrole grâce au recours à des carburants de substitution comme l'éthanol cellulosique ou le biodiesel (axe 2) qu'un changement dans les comportements individuels et collectifs (axe 3). L'énergie solaire et la géothermie sont traitées parmi les filières technologiques (axe 2), bien qu'elles soient principalement utilisées pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments (axe 1).

Tableau 1
Objectifs de recherche dans chacun des axes selon les volets

AXE 1 - Efficacité énergétique	
Bâtiment	Concevoir de nouveaux matériaux Installer des équipements à faible incidence énergétique Intégrer les nouvelles technologies de l'énergie Optimiser la gestion des bâtiments
Industrie	Récupérer, valoriser et stocker la chaleur résiduelle Optimiser la gestion des procédés à l'échelle globale Diminuer la consommation des combustibles fossiles
Transports	Améliorer le réseau routier et la logistique entourant la gestion des flots de trafic Trouver de nouveaux matériaux Concevoir des véhicules hybrides ou encore à propulsion électrique Récupérer l'énergie perdue/rejetée
AXE 2 - Nouvelles technologies de l'énergie	
Énergie éolienne	Améliorer l'expertise en aérodynamique Adapter les systèmes éoliens aux conditions climatiques nordiques Réconcilier les variations en fonction du temps des vents (offre) avec la demande
Éthanol cellulosique	Produire de l'éthanol par voie biologique « froide » Produire de l'éthanol cellulosique à partir de cultures réservées Intégrer les méthodes de collecte Démontrer la faisabilité de la filière cellulosique à l'échelle industrielle
Biodiesel	Optimiser la transformation des matières premières Produire du biodiesel à partir de la biomasse ligneuse par voie sèche ou thermochimique Améliorer l'utilisation du biodiesel par grands froids

AXE 2 - Nouvelles technologies de l'énergie (suite)	
Énergie solaire	Intégrer l'énergie solaire aux bâtiments dès leur conception Améliorer les matériaux Abaisser les coûts et accroître le rendement Adapter les technologies aux conditions climatiques nordiques
Géothermie	Trouver des méthodes de forage moins onéreuses Concevoir de nouveaux réfrigérants (caloporteurs biodégradables) Améliorer l'évaluation de la température du sol Améliorer l'analyse de faisabilité des projets de pompes à chaleur géothermiques Optimiser l'intégration du stockage
Hydrogène	Améliorer les procédés de production Concevoir des technologies de stockage plus performantes Poursuivre l'étude de la sécurité de l'hydrogène Augmenter le rendement des piles à combustible
AXE 3 - Énergie et société	
Territoire et ville	Évaluer les conséquences de l'utilisation accrue des nouvelles technologies de l'énergie sur l'aménagement du territoire Étudier le transport collectif et le transport intermodal
Économie et gestion	Évaluer les répercussions du prix de l'énergie Faciliter la prise en compte des externalités et des coûts intangibles Regarder les aspects économiques du déploiement des nouvelles technologies de l'énergie
Politiques incitatives	Évaluer la portée des règlements et des lois déjà en place Comparer l'efficacité respective des différentes politiques incitatives
Individu et société	Étudier l'acceptation sociale des nouvelles technologies Évaluer l'effet de l'éducation et de la sensibilisation sur les comportements Examiner les choix individuels en matière d'économie d'énergie

Par ailleurs, les nouvelles technologies de l'énergie sont nombreuses et variées. Elles n'ont cependant pas toutes été retenues dans l'axe 2. Le choix du comité de pilotage s'est arrêté sur l'énergie éolienne, deux biocarburants – l'éthanol cellulosique et le biodiesel –, l'énergie solaire, la géothermie (peu profonde) et l'hydrogène. Ce sont les filières technologiques que la Stratégie énergétique du Québec (2006)[12] a reconnues comme étant les plus prometteuses pour remplacer, en partie du moins, les hydrocarbures ou encore pour venir en appoint à la production hydroélectrique, qui demeure, rappelons-le, la principale filière technologique en matière de production d'électricité au Québec.

Bien que les autres filières technologiques de chauffage et de production d'électricité n'aient pas été retenues comme filières technologiques prioritaires, le comité juge important de suivre leur développement. Les biogaz, la fusion thermonucléaire[13], la géothermie profonde, les piles à combustible fonctionnant avec du méthanol produit à partir de la biomasse, les hydroliennes et les centrales marémotrices suscitent l'intérêt de plusieurs pays partout dans le monde, particulièrement en raison de leur faible émission de GES.

Enfin, dans la foulée du dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le développement de plusieurs autres technologies, comme le captage du CO_2, qui permettront éventuellement de diminuer les émissions de GES, mérite aussi d'être l'objet d'une attention soutenue de la part du gouvernement du Québec[14].

Les moyens que le Plan stratégique propose ont été regroupés sous deux thématiques : (1) consolider la base scientifique de recherche; (2) développer et commercialiser les technologies. Les moyens proposés s'appuient sur les trois orientations adoptées. Ils cherchent à servir de levier aux programmes gouvernementaux afin d'en accroître la portée. Ces moyens couvrent l'avenir de la RDD au Québec à court, moyen et long terme, puisqu'il faut prévoir qu'une fois ceux-ci mis en place les retombées s'étaleront sur une dizaine d'années au moins.

On vise ainsi à enrichir continuellement la base scientifique de recherche, tant la recherche fondamentale qu'appliquée, en ayant en tête dès le début l'importance des partenariats avec l'industrie. On cherche également à accroître le nombre de chercheurs et à encourager la relève, tout en multipliant les occasions de collaboration entre le milieu industriel et le monde universitaire. La mise en place de programmes et de mesures favorisera de tels échanges qui faciliteront en retour le développement économique du secteur de l'énergie ainsi que l'accroissement des connaissances et de l'expertise.

---

12 *L'énergie pour construire le Québec de demain*, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006.

13 À ne pas confondre avec les centrales nucléaires en activité dont le fonctionnement est basé sur la fission de l'atome et non sur la fusion atomique.

14 Voir *Répertoire des technologies québécoises en développement en changements climatiques*, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), décembre 2005.

Tableau 2
Moyens proposés

Moyens proposés pour consolider la base scientifique de recherche
• Appels à projets thématiques et actions concertées
• Programmes de bourses d'excellence
• Consolidation des instituts, des laboratoires et des chaires déjà en place et encouragement à l'émergence de tels pôles d'excellence là où le potentiel existe
• Création de lieux d'échange (forums ou sommets, par exemple)
Moyens proposés pour développer et commercialiser les technologies
• Pouvoir d'achat des secteurs public et parapublic (marchés publics)
• Partenariats de recherche université-entreprise
• Projets de démonstration
• Vitrines technologiques
• Réseaux d'entreprises
• Centre de référence en efficacité énergétique dans le bâtiment et les transports

De plus, les moyens proposés visent à appuyer les entreprises dans leurs efforts de mise en marché des nouvelles technologies qu'elles développent. Ainsi, le Plan stratégique n'ignore pas les enjeux de la commercialisation, bien qu'il s'intéresse avant tout aux efforts de recherche-développement et de démonstration (RDD) à consentir pour que de nouvelles technologies émergent et se développent jusqu'à la démonstration[15].

Le Plan stratégique interpelle plusieurs ministères et organismes publics. Il apparaît en effet essentiel dans une perspective de développement durable que les différents acteurs concernés par la problématique énergétique et les changements climatiques collaborent davantage.

Le comité est d'avis que l'Agence de l'efficacité énergétique aura un rôle important à jouer au cours des prochaines années dans la réalisation de ce qu'il propose en raison du nouveau mandat qui lui a été confié par le gouvernement à la suite de l'entrée en

[15] D'autres mesures plus spécifiquement tournées vers le soutien à la commercialisation devraient venir compléter les moyens proposés dans le présent Plan stratégique.

vigueur de la Loi concernant la mise en œuvre de la Stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives[16].

> « L'Agence de l'efficacité énergétique reçoit donc le mandat de concevoir et de proposer des programmes de soutien à l'innovation technologique à la Régie de l'énergie dans le cadre de son plan d'ensemble en efficacité énergétique[17]. »

Le comité croit que le Plan stratégique saura guider les différents acteurs en énergie dans leurs activités d'encouragement à la RDD en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie, et qu'il permettra d'appuyer la mise en œuvre des différentes stratégies et des différents plans d'action déployés au regard de la lutte contre les changements climatiques et de l'adaptation de la société à ces changements.

Réduire notre dépendance à l'égard des énergies fossiles et faire du Québec un chef de file dans les domaines de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie demandent un effort concerté de tous les acteurs pour tirer le meilleur parti de la recherche et développement universitaire ainsi que de la recherche, développement et démonstration industrielle.

---

16 *Loi concernant la mise en œuvre de la stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives*, Lois du Québec 2006, chapitre 46.

17 *L'énergie pour construire le Québec de demain*, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006, p. 66.

Table des matières

I ORIENTATIONS ET AXES D'INNOVATION 1

Introduction 1

Orientations adoptées et choix des axes 5

II OBJECTIFS DE RECHERCHE 11

AXE 1 - Efficacité énergétique 11

1.1 Efficacité énergétique dans le bâtiment 11

1.2 Efficacité énergétique dans l'industrie 13

1.3 Efficacité énergétique dans les transports 14

AXE 2 - Nouvelles technologies de l'énergie 16

2.1 Énergie éolienne 16

2.2 Éthanol cellulosique 17

2.3 Biodiesel 19

2.4 Énergie solaire 20

2.5 Géothermie 22

2.6 Hydrogène 23

AXE 3 - Énergie et société 25

3.1 Territoire et ville 26

3.2 Économie et gestion 27

3.3 Politiques incitatives 28

3.4 Individu et société 28

III MOYENS PROPOSÉS ET PRISE EN CHARGE 30

Moyens proposés 30

Consolider la base scientifique de recherche 32

Développer et commercialiser les technologies 34

Prise en charge du Plan stratégique 39

Annexe 1 Liste des membres du comité de pilotage 41

Annexe 2 Les acteurs au Québec en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie 45

I ORIENTATIONS ET AXES D'INNOVATION

Introduction

Le Québec doit se préoccuper de l'épuisement progressif des réserves mondiales de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel). Il est important d'utiliser de façon plus efficace l'énergie que nous produisons (hydroélectricité) et que nous achetons (pétrole et gaz naturel). Il faut aussi regarder vers d'autres sources d'énergie, de préférence renouvelables, pour la production additionnelle d'électricité, le chauffage des bâtiments et le remplacement du pétrole dans les transports.

Le Plan stratégique s'inspire des principes du développement durable. Il tient compte de la vigueur de l'économie québécoise et du bien-être présent et futur de la population. Il prend également en considération les problèmes environnementaux associés aux changements climatiques.

Le défi d'innover en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie demande de l'ingéniosité et de la prévoyance. Il exige que nous regardions de près nos habitudes de consommation, que nous revoyions nos façons de faire en matière de transport et que nous modifions, si possible, les processus industriels afin de les rendre moins énergivores. Ce défi relève autant de la recherche universitaire que de la recherche industrielle, l'idée maîtresse étant de réduire notre dépendance aux combustibles fossiles tout en encourageant le développement économique du Québec.

Les orientations qu'a adoptées le comité sont en accord avec les lois, politiques, stratégies et plans gouvernementaux qui ont été élaborés ces dernières années :

L'énergie pour construire le Québec de demain, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006[18];

Un Québec innovant et prospère, Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), 2006;

Le Québec et les changements climatiques : un défi pour l'avenir, Plan d'action 2006-2012, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006;

[18] La stratégie a été renforcée par la *Loi concernant la mise en œuvre de la stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives*, Lois du Québec 2006, chapitre 46.

Le transport des personnes au Québec : pour offrir de meilleurs choix aux citoyens, Politique québécoise du transport collectif, ministère des Transports (MTQ), 2006;

Loi sur le développement durable, Lois du Québec 2006, chapitre 3.

Le Plan stratégique se trouve plus spécifiquement dans le prolongement de la Stratégie énergétique et de la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation (SQRI), toutes deux rendues publiques en 2006. La première fait une large place à la recherche, au développement et à la démonstration (RDD) en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie. La seconde accorde la priorité à la valorisation et au transfert de la R-D vers l'entreprise. Elle insiste sur la formation de partenariats de recherche et fait de l'énergie un domaine stratégique pour le Québec.

Le Plan stratégique s'accorde aussi sur les deux grands principes qui doivent guider l'action du gouvernement du Québec au cours des prochaines décennies :

Le développement durable est un engagement ferme du gouvernement en faveur de la prospérité sociale et économique, actuelle et à venir, du Québec. La recherche d'une plus grande efficacité énergétique, avec les économies d'énergie qui en découlent, et le développement des nouvelles technologies de l'énergie sont des moyens concrets de faire du développement durable[19].

La lutte contre les changements climatiques demande des interventions qui touchent de larges pans de la société. Elle s'exprime avant tout sous la forme de l'engagement du gouvernement du Québec en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) ainsi que le prévoient les accords de Kyoto[20].

Par ailleurs, les investissements en R-D en énergie dans le monde ont été, selon Margolis et Kammen (1999)[21], globalement en baisse de 39 % entre 1980 et 1995. De plus, dans une étude plus récente, Kammen et Nemet (2005) montrent que les investissements en R-D en 2005 étaient en baisse de 11 % par rapport à ceux de 2004[22] aux États-Unis.

---

19 *Loi sur le développement durable*, 2006, chapitre 3.
Miser sur le développement durable : pour une meilleure qualité de vie, Plan de développement durable du Québec, document de consultation, ministère de l'Environnement, 2004.

20 *Le Québec et les changements climatiques : un défi pour l'avenir*, Plan d'action 2006-2012, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006.

21 Robert M. Margolis et Daniel M. Kammen, « Viewpoint. Underinvestment: The Energy Technology and R&D Policy Challenge », *Science*, vol. 285, n° 5427, juillet 1999, p. 690-692.

22 Daniel M. Kammen et Gregory F. Nemet, « Real Numbers. Reversing the Incredible Shrinking Energy R&D Budget », *Issues in Science and Technology*, vol. XXII, n° 1, automne 2005, p. 84-88.

Toutefois, la situation semble vouloir changer à l'heure actuelle, du moins en Europe[23]. La diminution des réserves de combustibles fossiles, en particulier le pétrole, et la lutte contre les changements climatiques rendent plus criants les besoins en R-D en matière d'efficacité énergétique et de nouvelles technologies de l'énergie. C'est sans doute pourquoi l'énergie est la cinquième priorité thématique du 7e Programme-cadre européen de recherche et de développement (PCRD 2007-2013)[24], alors qu'elle ne faisait pas partie des sept priorités thématiques du PCRD précédent[25].

Du côté du Canada, selon le groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l'énergie durable, l'investissement fédéral est en baisse depuis 1983, étant passé de plus de 600 millions de dollars à moins de 300 millions sur une période de 20 ans. L'investissement des provinces canadiennes a également chuté de façon importante en 1995 et commence à peine à se relever. Seul le secteur privé a maintenu le cap avec des investissements qui vont année après année au-delà de la barre des 600 millions. Malgré tout, « les dépenses du secteur privé en recherche et en développement ne représentent que 0,75 p. 100 des revenus qu'il tire de l'énergie, soit moins d'un cinquième de la moyenne industrielle canadienne de 3,8 p. 100[26] » et demeurent très faibles comparativement au secteur des équipements de communication et télécommunication (plus de 20 %) et au secteur pharmaceutique et biotechnologique (environ 17 %)[27].

Au Québec, le développement durable et la lutte aux changements climatiques demandent que d'importants efforts soient fournis pour développer l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies de l'énergie. Il importe donc de soutenir la R-D universitaire et industrielle, d'encourager les projets de démonstration et de faciliter la commercialisation. Dans les années 1990, les inventaires de l'Institut de la statistique du Québec (ISQ) faits pour le compte du ministère des Ressources naturelles et de la Faune ont permis

23 Aux États-Unis, le budget pour l'année financière 2008 prévoit une baisse de 8,9 % du financement dans le domaine de l'énergie comparativement à une augmentation totale de 1,4 % pour l'ensemble des domaines. Toutefois, cette baisse suit une hausse importante (24 %) du budget de R-D en énergie en 2007. (Source : American Association for the Advancement of Science (AAAS), *Research Funding Falls in 2008 Budget Despite ACI Gains; Development Hits New Highs. AAAS Analysis of R&D in the FY 2008 Budget*, [En ligne]. [http://www.aaas.org/spp/rd/prel08rtb.htm#tb3] (Page consultée le 15 janvier 2008).

24 Septième Programme-cadre (2007-2013) : *Bâtir l'Europe de la connaissance*, [En ligne]. [http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/i23022.htm] (Page consultée le 27 novembre 2007).

25 Julie Wierzbicki, « Les programmes cadres européens de recherche et développement », *Biofutur 257*, juillet-août 2005, p. 22-26.

26 *Construire des alliances puissantes. Priorités et orientations en sciences et technologies énergétiques au Canada*, Rapport du Groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l'énergie durable, Ressources naturelles Canada, 2006, p. 20. .

27 « Comme plus de 200 millions de dollars sont investis dans la recherche et le développement par l'industrie naissante des piles à combustible, dont les revenus sont encore relativement modestes, il est manifeste que les principaux secteurs de l'industrie de l'énergie consacrent un pourcentage de leurs revenus bien en deçà de la moyenne à la recherche et au développement énergétiques » (*Construire des alliances puissantes. Priorités et orientations en sciences et technologies énergétiques au Canada*, Rapport du Groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l'énergie durable, Ressources naturelles Canada, 2006, p. 20).

de chiffrer à environ 200 millions de dollars par année les sommes investies en R-D au Québec. Toutefois, à l'heure actuelle, nous ne sommes pas en mesure d'évaluer l'ensemble des sommes consenties en R-D au Québec.

Ainsi, nous savons que le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) a octroyé environ 1,8 million de dollars de 2002 à 2005 à la recherche dans le domaine de l'énergie[28]. Nous savons également que de son côté le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) a financé la recherche universitaire québécoise à la hauteur de 31 millions de dollars, soit 23 % du financement total des 132 millions investis dans le domaine d'application « Ressources d'énergie » de 2000 à 2006.

Comme le montre le tableau 3, le Québec semble bien engagé en ce qui a trait à la recherche universitaire financée par le CRSNG au Canada. Depuis 2000, le Québec est particulièrement fort en « Efficacité énergétique » ainsi qu'en « Autres sources d'énergie » – solaire, éolien, biocarburant, hydrogène – où il obtient respectivement 28 % et 41 % des sommes octroyées[29].

Tableau 3
Le financement de la recherche sur l'énergie par le FQRNT et le CRSNG (en millions de dollars)

Sources	Domaines d'application	Québec	Ontario	Canada
FQRNT (2002-2005)	Domaine de l'énergie dans son ensemble	1,8		
CRSNG (2000-2006)	*Efficacité énergétique*	3,2	4,0	11,5
		28 %	35 %	100 %
	Autres sources d'énergie	5,6	4,4	13,8
		41 %	32 %	100 %

Source : Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies et Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Traitement des données par le Conseil de la science et de la technologie.

[28] Efficacité énergétique, nouvelles technologies de l'énergie, hydroélectricité, pétrole et gaz naturel.

[29] Une vérification des projets québécois nous a permis de constater que des projets sur les piles à combustible ou encore sur l'énergie solaire ont été inscrits par le chercheur dans le domaine d'application *Avancement des connaissances* ou encore se retrouvent dans la catégorie *Non disponible*. Par contre, leur nombre demeure faible et rien ne nous indique que cette situation soit différente dans les autres provinces. De sorte que l'importance relative des sommes allouées au Québec par rapport à l'Ontario et à l'ensemble du Canada est probablement assez représentative de la réalité.

Dans le contexte où il semble y avoir un certain regain d'intérêt dans le monde pour la R-D dans le domaine de l'énergie, le Québec doit miser sur sa capacité exceptionnelle de production hydroélectrique[30], sur ses compétences particulières en matière d'adaptation aux conditions climatiques rigoureuses et sur son économie largement tournée vers l'exportation. Il peut compter sur différents programmes d'encouragement a la démonstration, ainsi que sur l'expertise universitaire et industrielle qu'il possède en efficacité énergétique et dans plusieurs des filières technologiques jugées les plus prometteuses par la communauté internationale.

Orientations adoptées et choix des axes

Les retombées attendues des travaux du comité de pilotage se situent principalement à moyen terme (5-10 ans), étant donné que le développement de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie ne pourra pas se faire du jour au lendemain. Le Plan stratégique se préoccupe également des retombées à court terme (1-5 ans) puisque, dans certains cas, il est possible d'obtenir des résultats assez rapidement. De plus, il ne néglige pas le long terme (10 ans et plus), étant donné que certaines technologies requièrent encore des percées scientifiques avant d'être prêtes à contribuer à la réduction de notre dépendance aux combustibles fossiles.

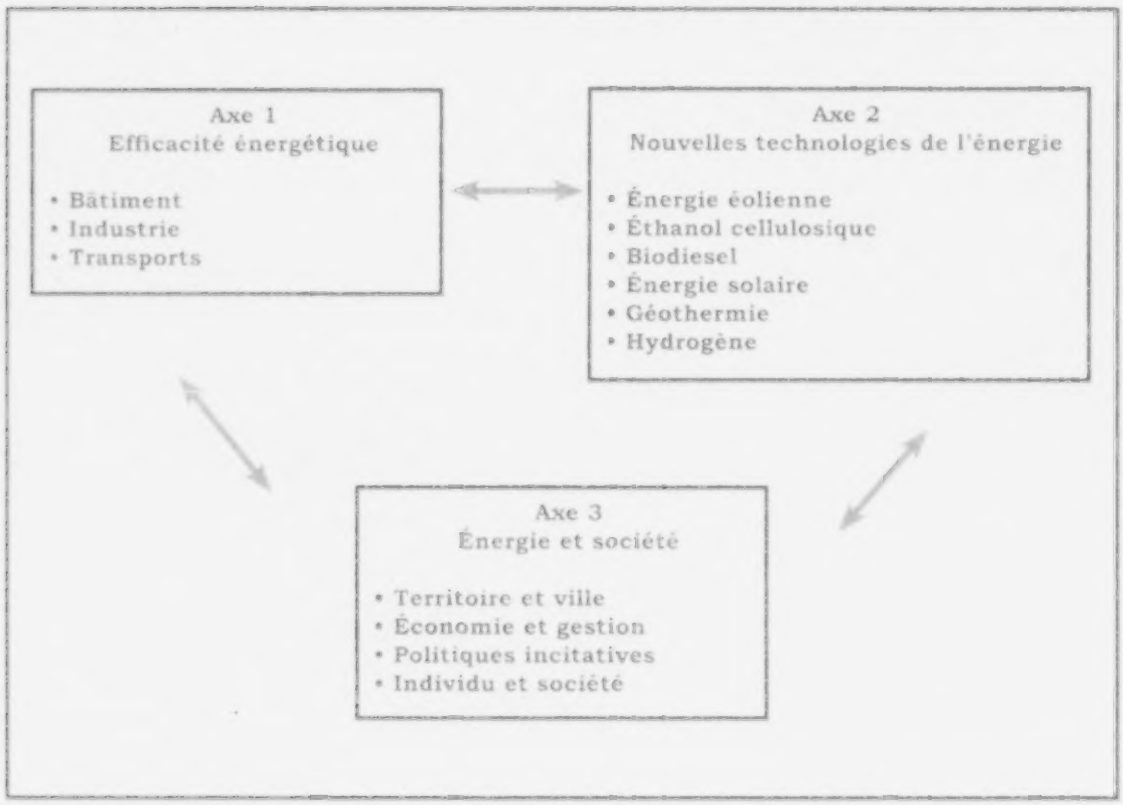
Le Plan stratégique adopte trois orientations :

- **Le soutien aux technologies stratégiques** qui présentent un bon potentiel d'efficacité énergétique et de production d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables. Cette orientation suppose la présence d'équipes de recherche possédant les compétences requises pour exceller et s'investir dans les grands projets de recherche et la diffusion des connaissances;
- **Le maintien et la consolidation des compétences** déjà en place dans les domaines où il y a un avantage comparatif reconnu pour le Québec. Celui-ci doit être en mesure de bien faire valoir les avantages qu'il possède en matière de compétences scientifiques et industrielles s'il veut attirer la RDD industrielle et continuer à participer activement à des projets d'envergure internationale;
- **La réalisation des retombées économiques, sociales et environnementales** attendues du développement de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie. Le Québec doit chercher à saisir les occasions d'affaires en ayant le regard tourné vers les marchés d'exportation. Du coup, il sera à même de renforcer son économie, tout en poursuivant le développement de l'industrie de l'énergie québécoise sur les marchés nationaux, continentaux et internationaux.

[30] Il est à noter qu'en accord avec la Stratégie de l'énergie du Québec (2006), le comité de pilotage reconnait le rôle central que joue et doit continuer de jouer la production hydroélectrique. Il reconnait aussi l'importance de poursuivre les efforts de RDD en ce domaine.

À partir des orientations adoptées et des principales filières technologiques que la Stratégie énergétique du Québec (2006)[1] a définies, trois axes d'innovation et de développement sont retenus. Les axes se veulent à la fois distincts et complémentaires, comme l'illustre bien le schéma 1. De plus, des objectifs de recherche sont proposés pour chacun des axes, selon les volets (voir tableau 4).

Schéma 1
Les trois axes d'innovation et de développement



Les deux premiers axes présentent des solutions technologiques à notre dépendance aux combustibles fossiles. Ils font largement appel aux sciences naturelles et au génie afin de développer l'efficacité énergétique et certaines filières technologiques parmi les nouvelles technologies de l'énergie.

[1] *L'énergie pour construire le Québec de demain*, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006.

Tableau 4
Objectifs de recherche dans chacun des axes selon les volets

AXE 1 - Efficacité énergétique	
Bâtiment	Concevoir de nouveaux matériaux Installer des équipements à faible incidence énergétique Intégrer les nouvelles technologies de l'énergie Optimiser la gestion des bâtiments
Industrie	Récupérer, valoriser et stocker la chaleur résiduelle Optimiser la gestion des procédés à l'échelle globale Diminuer la consommation des combustibles fossiles
Transports	Améliorer le réseau routier et la logistique entourant la gestion des flots de trafic Trouver de nouveaux matériaux Concevoir des véhicules hybrides ou encore à propulsion électrique Récupérer l'énergie perdue/rejetée
AXE 2 - Nouvelles technologies de l'énergie	
Énergie éolienne	Améliorer l'expertise en aérodynamique Adapter les systèmes éoliens aux conditions climatiques nordiques Réconcilier les variations en fonction du temps des vents (offre) avec la demande
Éthanol cellulosique	Produire de l'éthanol par voie biologique à froide Produire de l'éthanol cellulosique à partir de cultures réservées Intégrer les méthodes de collecte Démontrer la faisabilité de la filière cellulosique à l'échelle industrielle
Biodiesel	Optimiser la transformation des matières premières Produire du biodiesel à partir de la biomasse ligneuse par voie sèche ou thermochimique Améliorer l'utilisation du biodiesel par grands froids

Axe 2 - Nouvelles technologies de l'énergie (suite)	
Énergie solaire	Integrer l'énergie solaire aux bâtiments des leur conception Améliorer les matériaux Abaisser les coûts et accroître le rendement Adapter les technologies aux conditions climatiques nordiques
Géothermie	Trouver des méthodes de forage moins onereuses Concevoir de nouveaux réfrigerants (caloporteurs biodegradables) Améliorer l'évaluation de la température du sol Améliorer l'analyse de faisabilité des projets de pompes à chaleur géothermiques Optimiser l'integration du stockage
Hydrogène	Améliorer les procédés de production Concevoir des technologies de stockage plus performantes Poursuivre l'étude de la sécurité de l'hydrogène Augmenter le rendement des piles à combustible
AXE 3 - Énergie et société	
Territoire et ville	Évaluer les conséquences de l'utilisation accrue des nouvelles technologies de l'énergie sur l'aménagement du territoire Étudier le transport collectif et le transport intermodal
Économie et gestion	Évaluer les répercussions du prix de l'énergie Faciliter la prise en compte des externalités et des coûts intangibles Regarder les aspects économiques du déploiement des nouvelles technologies de l'énergie
Politiques incitatives	Évaluer la portée des règlements et des lois déjà en place Comparer l'efficacité respective des différentes politiques incitatives
Individu et société	Étudier l'acceptation sociale des nouvelles technologies Évaluer l'effet de l'éducation et de la sensibilisation sur les comportements Examiner les choix individuels en matière d'économie d'énergie

L'ampleur et la diversité des défis à relever pour réduire notre dépendance aux combustibles fossiles exigent que nous nous intéressions également aux aspects économiques et sociaux comme l'acceptabilité sociale, les comportements et les moyens d'informer et de sensibiliser la population. C'est pourquoi un troisième axe est proposé. Cet axe met à contribution les sciences humaines et sociales, les sciences économiques, les sciences de la gestion, sans oublier l'architecture, l'urbanisme et l'aménagement du territoire.

Les trois axes se veulent à la fois distincts et complémentaires. Par exemple, le domaine des transports requiert tout autant des gains sur le plan de l'efficacité énergétique (axe 1) et une diminution de la consommation de pétrole grâce au recours à des carburants de substitution comme l'éthanol cellulosique ou le biodiesel (axe 2) qu'un changement dans les comportements individuels et collectifs (axe 3). L'énergie solaire et la géothermie sont traitées parmi les filières technologiques (axe 2), bien qu'elles soient principalement utilisées pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments (axe 1).

Par ailleurs, les nouvelles technologies de l'énergie sont nombreuses et diversifiées. Elles n'ont cependant pas toutes été retenues dans l'axe 2. Le choix du comité de pilotage s'est arrêté sur l'énergie éolienne, deux biocarburants – l'éthanol cellulosique et le biodiesel –, l'énergie solaire, la géothermie (peu profonde) et l'hydrogène. Ce sont les filières technologiques que la Stratégie énergétique du Québec (2006)[32] a reconnues comme étant les plus prometteuses pour remplacer, en partie du moins, les hydrocarbures ou encore pour venir en appoint à la production hydroélectrique, qui demeure, rappelons-le, la principale filière technologique en matière de production d'électricité au Québec.

Bien qu'elles n'aient pas été retenues comme filières technologiques prioritaires, le comité juge important de suivre le développement des autres filières technologiques de chauffage et de production d'électricité qui suscitent l'intérêt de plusieurs pays en raison de leur faible émission de GES, comme les biogaz, la fusion thermonucléaire[33], la géothermie profonde, les piles à combustible fonctionnant avec du méthanol produit à partir de la biomasse, les hydroliennes et les centrales marémotrices.

- **La production de biogaz par méthanisation**[34] de la matière organique est à la fois un moyen de valoriser les matières organiques (comme le lisier de porc) et une source d'énergie renouvelable, puisque les biogaz peuvent être recueillis et utilisés pour le chauffage ou la production d'électricité[35]. Le Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC) du gouvernement du

32 *L'énergie pour construire le Québec de demain*, Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006.

33 À ne pas confondre avec les centrales nucléaires présentement en activité dont le fonctionnement est basé sur la fission de l'atome et non sur la fusion atomique.

34 La méthanisation repose sur l'action d'une bactérie qui a besoin d'un environnement dépourvu d'oxygène pour survivre (digestion anaérobique). Le biogaz produit contient normalement entre 50 % et 70 % de méthane.

35 De plus, la méthanisation produit un digestat qui peut être utilisé comme fertilisant.

Québec propose de soutenir financièrement le captage des biogaz provenant des lieux d'enfouissement (MDDEP) et de mettre en place un programme d'aide pour le traitement du lisier et la valorisation énergétique de la biomasse agricole (MAPAQ). Enfin, le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation met actuellement en place une table de travail ministérielle afin de favoriser le développement de cette filière[36].

- **Les hydroliennes**[37] produisent de l'électricité à partir des eaux autrement que ne le font les barrages hydroélectriques. Elles utilisent l'énergie cinétique des courants marins et fluviaux comme une éolienne utilise l'énergie cinétique de l'air pour la production d'électricité. Des projets de démonstration sont en cours en France, au Royaume-Uni, en Italie, en Norvège et aux États-Unis. De plus, selon une étude de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ), le Québec a un potentiel intéressant qui se chiffre à environ 4 300 MW[38]. Le gouvernement du Québec a donc intérêt à suivre attentivement le développement de cette nouvelle technologie de l'énergie en émergence.
- **Les piles à combustible alimentées directement en méthanol**, ou DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*), utilisent l'un des rares réactifs, avec l'hydrogène, à posséder des caractéristiques d'oxydation suffisamment intéressantes pour qu'on puisse les utiliser à basse ou à moyenne température. Actuellement produit à partir de gaz naturel, le méthanol pourrait éventuellement être tiré de la biomasse.
- **La géothermie profonde** est utilisée pour la production d'électricité et pour le chauffage. La ressource est disponible partout dans le monde. Toutefois, son développement est limité par les coûts élevés des puits de forage, le transport problématique de l'énergie et la difficulté de bien évaluer les ressources géothermiques avant de procéder au forage.
- **La fusion thermonucléaire** demandera encore des efforts de recherche et des investissements considérables à l'échelle mondiale avant de déboucher sur des applications énergétiques profitables, comme la production d'électricité par l'intermédiaire de turbines à vapeur.

Enfin, dans la foulée du dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le développement de plusieurs autres technologies, comme le captage du CO_2, qui permettront éventuellement de diminuer les émissions de GES, mérite aussi d'être l'objet d'une attention soutenue de la part du gouvernement du Québec[39].

---

[36] Source : Alain Lavoie, *De l'énergie durable. Un avenir prometteur pour le développement du « porc » méthanier*, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), 2007.

[37] *Tidal stream power.*

[38] Martin Simoneau, *Énergie des eaux au Québec au-delà de l'hydro-électricité*, Colloque HQ sur les énergies renouvelables, IREQ, 2 octobre 2007.

[39] Voir *Répertoire des technologies québécoises en développement en changements climatiques*, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), décembre 2005.

II OBJECTIFS DE RECHERCHE

AXE 1 - Efficacité énergétique

Utiliser l'énergie de façon plus efficace est l'une des six orientations et priorités d'action de la Stratégie énergétique du Québec (2006). Tout comme cette dernière, le Plan stratégique fait de l'efficacité énergétique un axe important d'innovation et de développement. Trois secteurs sont ciblés : le bâtiment, l'industrie et les transports.

1.1 Efficacité énergétique dans le bâtiment

Au Canada, la construction et l'exploitation des bâtiments représentent 30 % de la consommation énergétique[40], 45 % de la consommation électrique, 40 % des matériaux bruts utilisés, 12 % de la consommation d'eau potable, 30 % des émissions de gaz à effet de serre. Elles génèrent 3,8 millions de tonnes de déchets de construction et de démolition annuellement[41]. Afin d'améliorer ce bilan, la conception, la construction et l'exploitation des bâtiments doivent être repensées dans une perspective de développement durable, qui assure aux occupants confort et salubrité[42].

De 1990 à 2004, le Canada a enregistré un gain en efficacité énergétique de 21 % dans le secteur résidentiel grâce à l'amélioration de l'enveloppe thermique des habitations et à l'efficacité accrue des appareils ménagers ainsi que des appareils de chauffage des locaux et de l'eau. En comparaison, l'accroissement de l'efficacité énergétique dans les secteurs commercial et institutionnel a été très modeste depuis 2000 en raison de l'augmentation des équipements auxiliaires et de l'équipement de bureau (ordinateurs, télécopieurs, photocopieurs)[43].

Dans le monde, la nouvelle tendance est de prévoir dès la conception une utilisation optimale des sources d'énergie renouvelables, comme le soleil[44]. La conception intégrée

---

[40] L'énergie est principalement utilisée pour le chauffage des espaces et de l'eau, pour l'éclairage, pour le fonctionnement des appareils et la climatisation.

[41] *Bâtir vert : devenir un champion du bâtiment durable*, édition spéciale, automne 2006, p. 10. (Collection « Le guide Constructo »)

[42] Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) estime que la réduction des GES pourrait être économiquement rentable dans le secteur du bâtiment (voir « Pas si coûteux de lutter contre les changements climatiques », *Les Affaires*, 12 mai 2007).

[43] *Évolution de l'efficacité énergétique au Canada, 1990 à 2004*, Ressources naturelles Canada, août 2006.

[44] Les Allemands ont développé une expertise dans la construction de bâtiments neufs pratiquement sans chauffage avec des investissements supplémentaires de 5 % à 12 %. Les cinq caractéristiques de ce type de construction sont : *surisolation* par l'extérieur avec des fenêtres à triple vitrage; ventilation double flux avec récupération de chaleur; gains solaires passifs; utilisation d'énergies renouvelables. Autre exemple, le label américain LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) est une initiative comportant six cibles : un site durable, l'eau, l'énergie, les matériaux, le confort et l'innovation.

nécessitera une importante évolution technique au cours de la prochaine décennie. C'est pourquoi, par exemple, aux États-Unis, le U.S. Department of Energy – Building Technologies Program s'intéresse aux méthodes de construction des bâtiments qui facilitent l'intégration des nouvelles technologies et à la conception de nouveaux matériaux, en plus de soutenir la R-D dans le domaine des appareils électroménagers hautement efficaces. Ses actions se font en partenariat avec l'industrie, les manufacturiers, les laboratoires, les universités et les groupes de recherche[45].

Au Québec, les universités, les centres de recherche publics, les entreprises[46] et les distributeurs d'énergie font de la RDD qui porte sur plusieurs aspects importants de l'efficacité énergétique des bâtiments (voir l'annexe 2-A). Avec la venue du bâtiment à consommation énergétique « nette zéro », la poursuite, l'intensification et la diversification des efforts de recherche devraient permettre de :

- **Concevoir de nouveaux matériaux**

  L'obtention d'une enveloppe à forte étanchéité et à faible déperdition demande l'amélioration de ses composantes comme les matériaux d'isolation, les cadres de fenêtres, la plomberie, etc., tout en conservant une ventilation mécanique adéquate[47].

- **Installer des équipements à faible incidence énergétique**

  Il faut, par exemple, optimiser les systèmes de chauffe par l'amélioration des procédés de combustion, l'élaboration des méthodes d'extraction de chaleur en été pour la climatisation et l'essai de systèmes de chauffage hybrides qui intègrent des sources d'énergie renouvelables.

- **Intégrer les nouvelles technologies de l'énergie**

  Les efforts de recherche devraient porter sur la création de technologies performantes de stockage de l'énergie, la recherche de nouvelles voies d'exploitation du solaire thermique, la réduction des coûts des toitures et des équipements solaires, l'intégration de la géothermie et la conception de systèmes de pompes à chaleur mieux adaptés aux conditions climatiques du Québec. Il faudrait également améliorer les différentes technologies de chauffage des édifices commerciaux et institutionnels dans un contexte de chauffage urbain (*district heating and cooling*) et communautaire. À ce chapitre, il faut, entre autres, travailler sur la récupération et la valorisation de la chaleur résiduelle provenant des procédés exothermiques et de l'activité des industries.

---

[45] Notons qu'au Québec des entreprises des secteurs du bois, de l'aluminium, du verre et de la construction domiciliaire ainsi que des groupes de recherche universitaires et privés élaborent présentement un projet de bâtiment durable.

[46] Il est important de noter que la majorité des entreprises de l'industrie de la construction sont des PME. D'une façon générale, celles-ci sont moins en mesure de faire de la RDD que les grandes entreprises.

[47] Avec la construction de bâtiments plus étanches à l'air, il faut se préoccuper de la qualité de l'air dans les habitations où de l'équipement de ventilation mécanique a été installé.

- **Optimiser la gestion des bâtiments**

  Par exemple, il y aurait lieu de concevoir des systèmes à intelligence intégrée pour optimiser la gestion, décentralisée ou centralisée, des bâtiments. Il pourrait s'agir de logiciels de simulation qui tiennent compte de l'architecture du bâtiment ou encore d'outils de diagnostic.

1.2 Efficacité énergétique dans l'industrie

Les répercussions du coût de l'énergie varient d'un secteur industriel à l'autre. Bien que le coût de l'énergie ne soit jamais négligeable dans un contexte de compétitivité importante (il influe sur la marge bénéficiaire), certains secteurs sont beaucoup plus touchés que d'autres par la hausse des prix de l'électricité ou des hydrocarbures.

D'une façon générale, l'efficacité énergétique dans l'industrie vise à diminuer la consommation énergétique et, donc, à réduire la facture énergétique par unité de production. De plus, elle contribue à la réduction des émissions de GES[48].

L'efficacité énergétique dans l'industrie passe par une meilleure optimisation de l'ensemble des procédés – autant les procédés génériques[49] que les procédés spécifiques[50] – et par la récupération de la chaleur résiduelle. La RDD qui se rattache aux procédés est propre à chaque secteur industriel et relève en grande partie de l'amélioration continuelle que les entreprises doivent faire afin de rester compétitives[51]. Pour ce qui est de la chaleur résiduelle, il s'agit d'une source d'énergie bon marché qui pourrait soit être utilisée par tous les secteurs industriels dans l'usine elle-même, soit être exportée vers d'autres bâtiments[52]. Enfin, il importe de noter que le transport des marchandises peut être très intensif sur le plan de la demande énergétique pour certains secteurs industriels ou certains produits (en particulier dans l'industrie primaire).

---

48 À noter que les émissions de GES par l'industrie ont diminué de 6,8 % de 1990 à 2003 (*Le Québec et les changements climatiques : un défi pour l'avenir*, Plan d'action 2006-2012, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP], 2006).

49 Les procédés génériques sont constitués par l'ensemble des procédés et utilités nécessaires dans l'industrie (séparation de phase, séchage, broyage/concassage, productions de vapeur, de froid, d'air comprimé, etc.). L'objectif est de favoriser, par la compétitivité économique et l'innovation, les solutions énergétiquement efficaces (techniques membranaires, catalyse, moteurs électriques à vitesse variable, moteurs électriques de haute performance).

50 Les procédés spécifiques sont propres à des productions industrielles fortement consommatrices d'énergie, notamment dans les domaines des mines, de la sidérurgie, du ciment, de la chimie organique, du papier et du carton ou encore du sucre.

51 Notons que les bioprocédés sont des sources intéressantes de gain en efficacité énergétique en permettant, par exemple, le recyclage plus efficace des produits industriels, le traitement d'effluents industriels et la mise au point de nouveaux composites, de bioproduits industriels biodégradables et de produits chimiques d'origine végétale en remplacement de leurs équivalents d'origine pétrolière.

52 De 70 % à 80 % de l'énergie rejetée par les industries, principalement sous forme de chaleur, serait encore utilisable.

En appui à la RDD que mènent les entreprises[53], le Québec peut compter sur des centres de recherche qui se consacrent à l'efficacité énergétique des procédés industriels dans des secteurs reconnus comme énergivores, c'est-à-dire la métallurgie, les pâtes et papiers ainsi que l'aluminium (voir l'annexe 2-A). Il appartient toutefois aux entreprises de chaque secteur de fixer leurs propres priorités de RDD en fonction des caractéristiques (configuration et design) des procédés qu'ils utilisent[54]. C'est pourquoi, dans le cadre du présent plan stratégique, il est proposé qu'en plus des efforts de recherche portant sur les procédés spécifiques la RDD devrait viser à :

- **Récupérer, valoriser et stocker la chaleur résiduelle**

  Comme il s'agit avant tout d'un problème de valorisation et de distribution, il faut améliorer les connaissances, notamment dans le domaine du transport d'énergie calorifique sur de longues distances.

- **Optimiser la gestion des procédés à l'échelle globale**

  Par exemple, il faut améliorer les systèmes de contrôle et de diagnostic ainsi que les outils d'exploration de données (*data mining*). Ces champs font appel à l'augmentation des capacités de programmation et à l'intelligence artificielle.

- **Diminuer la consommation des combustibles fossiles**

  La recherche devrait faciliter le recours accru aux nouvelles sources d'énergie, entre autres dans les systèmes de chauffage et de production ainsi que pour faire fonctionner la machinerie lourde (bouteurs, excavatrices, grues, etc.).

1.3 Efficacité énergétique dans les transports

Comme le souligne la Politique québécoise du transport collectif (2006), réduire notre dépendance aux combustibles fossiles, contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et améliorer la qualité de l'air demandent que d'importants efforts de RDD soient consentis dans le secteur des transports, puisque celui-ci dépend à 99,8 % de l'essence et qu'il représente 65,2 % de la consommation totale de pétrole[55].

Par ailleurs, le domaine des transports est une thématique transversale. Accroître l'efficacité énergétique dans les transports est une importante entreprise qui nécessite l'expertise des sciences naturelles, du génie, des sciences économiques et des sciences humaines et sociales. En effet, pour accroître l'efficacité énergétique dans les

---

53 Il est à noter que les données disponibles ne permettent pas de dresser un portrait de la RDD industrielle dans le domaine de l'efficacité énergétique.

54 Par exemple, dans le secteur minier, la consommation d'énergie résulte en grande partie des besoins de ventilation qui augmentent avec la profondeur atteinte.

55 *L'énergie au Québec*, édition 2004, ministères des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2005.

transports, il faut améliorer la logistique, trouver de nouveaux carburants et changer les comportements.

Le Québec compte déjà plusieurs acteurs (centres de recherche et entreprises) qui font de la RDD dans le domaine des transports. Différents aspects sont étudiés : innovation technologique, aménagement du territoire, facteurs socioéconomiques, etc. (voir l'annexe 2). La RDD portant sur les carburants de substitution et les aspects territorial, économique et culturel sont abordés plus loin, respectivement à l'axe 2 (Nouvelles technologies de l'énergie) et à l'axe 3 (Énergie et société). Les objectifs de recherche retenus ici se concentrent principalement sur l'innovation technologique dans le domaine du transport terrestre, en raison de son importance dans la réduction de notre dépendance aux combustibles fossiles. De façon plus précise, la RDD devrait chercher à :

- **Améliorer le réseau routier et la logistique entourant la gestion des flots de trafic**

  Par exemple, il faut développer le potentiel de substitution modale et l'intermodalité[56]. La recherche doit porter sur les systèmes de transport intelligents en ayant recours aux technologies de l'information et de la communication (TIC). Il faut également travailler sur les modèles et les méthodes quantitatives qui permettent d'évaluer le rendement et l'efficacité des systèmes de transport en ce qui concerne la mobilité des personnes et des marchandises.

- **Trouver de nouveaux matériaux**

  La recherche doit s'intéresser à la réduction des coûts des accumulateurs électriques (batteries et supercapacités). Elle devrait regarder du côté des systèmes de recharge à haute tension qui permettraient de recharger le bloc-batterie plus rapidement. Elle devrait également se pencher sur les supercondensateurs ayant des capacités de stockage d'électricité plus avantageuses que celles des batteries les plus performantes ainsi que sur les systèmes de stockage thermiques pour assurer le chauffage des véhicules électriques sous le climat rigoureux du Québec.

- **Concevoir des véhicules hybrides ou encore à propulsion électrique**[57]

  La RDD devrait permettre de concevoir de nouveaux produits ou encore améliorer ceux qui existent déjà. Les recherches pourraient porter sur les véhicules rechargeables, les véhicules urbains et les véhicules destinés à des usages bien précis.

---

[56] Voir aussi le volet *Territoire et ville* de l'axe 3.

[57] On parle aussi de véhicule à propulsion principalement électrique. À la différence des véhicules hybrides, le moteur à combustion interne (génératrice) qui équipe ce type de véhicule ne fournit qu'une faible part de l'énergie requise. La propulsion est entièrement électrique, mais une partie de l'énergie vient du « moteur-génératrice ». Ce type de véhicule, pouvant éventuellement être rechargeable à partir du réseau électrique, présente un grand intérêt pour le Québec.

- **Récupérer l'énergie perdue/rejetée**

  Environ 70 % de l'énergie tirée de la combustion des produits pétroliers dans une automobile est directement rejetée en chaleur par le tuyau d'échappement et le radiateur. Il y a donc lieu de considérer la génération d'électricité à partir de la récupération de chaleur perdue comme source d'appoint d'électricité pour un véhicule.

AXE 2 - Nouvelles technologies de l'énergie

L'adoption à grande échelle des nouvelles technologies de l'énergie passe par la réduction de leur coût et l'amélioration de leur efficacité. Elle dépend donc d'avancées scientifiques et techniques. Les efforts déjà consentis en RDD et l'importance de la contribution que le Québec peut apporter varient selon les filières technologiques. Dans certains cas, la RDD qui se fait ailleurs est tellement importante que le Québec doit chercher à se démarquer en misant sur des créneaux très bien définis.

2.1 Énergie éolienne

Un inventaire réalisé en 2005[58] a permis d'établir que le potentiel de vent du Québec est important en quantité, de bonne qualité et bien réparti dans les régions. Le Québec peut donc miser sur l'énergie éolienne pour développer son économie et diversifier ainsi ses sources d'énergie renouvelables.

La Stratégie énergétique du Québec (2006) prévoit tirer avantage de l'exploitation commerciale de l'énergie éolienne. Un deuxième appel d'offres d'Hydro-Québec, qui joue un rôle important dans l'intégration de l'énergie éolienne au réseau, a été lancé en 2006 pour la fourniture de 2 000 MW[59]. Il sera suivi d'un appel d'offres supplémentaire de 500 MW lancé en deux blocs distincts de 250 MW, réservés respectivement aux régions (MRC) et aux nations autochtones. Il est probable que les seuls investissements pour les 2 000 MW atteindront quatre milliards de dollars, avant même de prendre en compte les deux futurs blocs de 250 MW.

Par ailleurs, les technologies qui exploitent la force du vent continuent d'évoluer. Elles sont déjà utilisées dans plusieurs pays partout dans le monde où la RDD se poursuit

---

[58] *Inventaire du potentiel éolien exploitable du Québec*, préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec par Hélimax Énergie inc., AWS Truewind, LLC, Montréal, juin 2005.

[59] Le dépôt des offres a pris fin le 18 septembre 2007. En tout, 66 soumissions, provenant de plus de 25 promoteurs et totalisant 7 724 MW, ont été reçues (source : Hydro Québec, *Communiqué*, Montréal, le mercredi 19 septembre 2007, [En ligne]. [http://www.hydroquebec.com/4d_includes/surveiller/PcFR2007-108.htm] (Page consultée le 21 janvier 2008).

dans plusieurs directions, dont certaines pourraient intéresser le Québec, notamment en matière d'adaptation aux rigueurs de l'hiver.

L'effort d'innovation et de développement entrepris jusqu'à maintenant par les principaux acteurs du secteur est loin d'être négligeable en matière d'énergie éolienne. Le Québec peut compter en effet sur des entreprises et des centres de recherche qui possèdent une expertise sur tous les aspects de la production d'énergie à partir du vent (voir l'annexe 2-B). Toutefois, pour augmenter le taux de pénétration et la fiabilité des équipements ainsi que réduire les coûts, un important effort de recherche reste à consentir. Il faut en particulier :

- **Améliorer l'expertise en aérodynamique**

  Par exemple, il faut chercher à résoudre les problèmes techniques liés aux équipements, à leur rendement et à leur fiabilité (ondulateurs, boîtes d'engrenage, aérodynamique des pales, utilisation de matériaux composites).

- **Adapter les systèmes éoliens aux conditions climatiques nordiques**

  Il faut, par exemple, améliorer les techniques de prévisions météorologiques (*forecasting*) pour la vitesse des vents et la justesse de l'évaluation de la production attendue des parcs d'éoliennes.

- **Réconcilier les variations en fonction du temps des vents (offre) avec la demande**

  Si la production éolienne doit prendre une part importante au Québec, il faut élaborer plusieurs technologies de stockage d'énergie afin de répondre en tout temps à la demande. Il faut poursuivre la RDD sur l'intégration de la production éolienne aux réseaux hydroélectriques en plus de consentir des efforts sur le couplage de la production éolienne avec la production de centrales diesel en région éloignée. Il faut aussi travailler au développement des filières technologiques de systèmes hybrides, comme le solaire-éolien, l'éolien-hydrogène, l'hydrogène-diesel, etc.

2.2 Éthanol cellulosique

La Stratégie énergétique (2006) mise beaucoup sur la valorisation énergétique de la biomasse[60], en particulier sur la production d'éthanol, afin de réduire les émissions de GES[61]. À cette fin, le Québec favorise l'utilisation de la matière cellulosique (déchets

[60] À noter que plusieurs technologies sont en développement ou ont atteint la maturité dans le secteur des bio-industries : production de biogaz à partir des déchets organiques des sites d'enfouissement, valorisation énergétique des fumiers, lisiers et autres rebuts agricoles, etc.

[61] L'éthanol présente plusieurs avantages environnementaux par rapport aux carburants fossiles : bilan neutre en matière de CO_2, réduction des NO_x et des SO_x.

forestiers, déchets urbains et autres matières résiduelles) au lieu des produits céréaliers comme le maïs-grain. Ce choix repose sur le fait que le Québec ne dispose pas de surplus importants en produits céréaliers et sur le constat que la production d'éthanol à partir du maïs-grain nécessite un apport considérable en engrais et en énergie, de sorte qu'au bout du compte le bilan environnemental du point de vue de la réduction des GES peut être négatif[62].

Par ailleurs, la production d'éthanol cellulosique, tout comme la production de biodiesel, fait partie des projets de mise en place d'une industrie québécoise de bioraffinerie[63], comme le propose, entre autres, FPInnovations[64]. En ce qui a trait aux infrastructures de distribution à mettre en place, l'essence-éthanol est déjà offerte dans certaines stations-service. De plus, un autre avantage de l'éthanol (composé E15) est qu'il ne nécessite aucune modification technologique et peut donc être utilisé directement par la plupart des véhicules automobiles ordinaires.

Le Québec semble en bonne position pour produire à l'échelle industrielle de l'éthanol cellulosique. Il peut dès maintenant compter sur des entreprises et des groupes de recherche qui sont actifs dans la RDD portant sur les procédés de conversion de la matière cellulosique en éthanol et sur l'utilisation de celui-ci, particulièrement dans le transport par autobus (voir l'annexe 2-B). Toutefois, les technologies de production d'éthanol à partir de la matière cellulosique ne sont pas tout à fait au point. Cette filière demande d'importants efforts de RDD pour :

- **Produire de l'éthanol par voie biologique « froide »**[65]

  Les performances et les difficultés de culture à grande échelle des microorganismes utilisés freinent pour l'instant l'application de la voie enzymatique pour la production d'éthanol. Il faut approfondir les connaissances génériques sur les tissus cellulosiques et mettre au point de nouvelles enzymes. Il pourrait également être intéressant de regarder du côté d'un couplage avec la filière microalgue. La production d'éthanol génère de grandes quantités de CO_2 (à concentration élevée) qui peuvent nourrir les microalgues qui produisent, de leur côté, des biocarburants lipidiques[66].

---

62 La production d'éthanol à partir du maïs-grain ou de la canne à sucre présente aussi le désavantage d'utiliser une matière première ou des terres qui pourraient être destinées à un meilleur usage (alimentation humaine ou animale).

63 La bioraffinerie ou chimie de la biomasse vise à fabriquer à partir des plantes des produits équivalents à ceux issus de la pétrochimie.

64 FPInnovations est un institut de recherche né en 2007 de la fusion de Feric, Forintek et Paprican auxquels s'ajoute le Centre canadien sur la fibre de bois de Ressources naturelles Canada.

65 Avec cette voie (aussi appelée voie enzymatique), l'hydrolyse de la cellulose se fait à l'aide d'enzymes plutôt que d'acides. Les végétaux broyés sont soumis à l'action de microorganismes (champignons) dont les enzymes libèrent la cellulose de la lignine. La cellulose est ensuite transformée en éthanol par fermentation.

66 Pour obtenir un rendement optimal en huile, la croissance des microalgues doit s'effectuer avec une concentration en CO_2 d'environ 13 %.

- **Produire de l'éthanol cellulosique à partir de cultures réservées**

  La recherche doit se poursuivre afin de concevoir des plantes énergétiques qui n'appartiennent pas à la filière alimentaire, mais plutôt à la filière cellulosique. Des efforts doivent être faits afin d'identifier les plantes qui possèdent des caractéristiques intéressantes pour la production d'éthanol carburant : croissance rapide, fort potentiel de biomasse, capacité à pousser sur des sols impropres à l'agriculture, etc. Il faut travailler sur la sélection variétale, l'analyse des interactions entre le génotype et son milieu, la mise au point d'itinéraires techniques adaptés et l'analyse de leur insertion dans les systèmes de culture existants.

- **Intégrer les méthodes de collecte**

  Il faut s'occuper du transport de la matière première et mesurer l'incidence sur les sols de la collecte des résidus forestiers.

- **Démontrer la faisabilité de la filière cellulosique à l'échelle industrielle**

  Il est possible de produire de l'éthanol à partir des résidus forestiers et par voie de gazéification de déchets hétérogènes, mais il reste encore de la RDD à effectuer pour en arriver à un niveau de production industriel.

2.3 Biodiesel

La production de biodiesel peut se faire à partir d'huiles végétales vierges, d'huiles de friture usagées ou de graisses animales provenant d'usines de récupération et d'équarrissage de carcasses d'animaux. Le biodiesel peut être utilisé à l'état pur ou mélangé avec le pétrodiesel dans des proportions variant de 2 % à 20 % (B2 à B20). De plus, il exige peu de modifications aux infrastructures de distribution et de livraison déjà en place.

Sur le plan environnemental, le biodiesel affiche une meilleure combustion que le diesel ordinaire et, ainsi, libère moins de composés organiques. De plus, sa forte concentration en oxygène (11 %) fait en sorte qu'une quantité moindre de particules fines et d'hydrocarbures non brûlés est rejetée dans l'atmosphère, ce qui contribue à réduire le smog.

Par ailleurs, le biomazout, qui s'apparente au biodiesel et présente les mêmes avantages en matière de réduction de la consommation de combustibles fossiles et des émissions de gaz à effet de serre, est utilisé pour le chauffage des bâtiments sous la forme d'un mélange de mazout léger et de composés combustibles résultant de la transformation de graisses animales ou d'huiles végétales usées.

Le Québec peut compter sur des acteurs qui, par leurs efforts de RDD et de promotion, cherchent à faciliter la pénétration du biodiesel sur le marché (voir l'annexe 2-B).

L'utilisation du biodiesel présente de nombreux défis techniques qui méritent d'être relevés. Il faut ainsi :

- **Optimiser la transformation des matières premières**

  L'origine très variée des matières premières utilisées dans la production de biodiesel fait en sorte qu'il est important de connaître la quantité disponible de graisse animale et d'huile végétale usée (bilan massique de la biomasse disponible), de déterminer les coûts de collecte et d'effectuer des études sur le marché de la glycérine, sous-produit généré par le procédé de production de biodiesel. De plus, il faut s'assurer du respect des normes de qualité[67] par les producteurs de biodiesel et par ceux qui stockent le produit et qui font les mélanges de carburants.

- **Produire du biodiesel à partir de la biomasse ligneuse par voie sèche ou thermochimique**[68]

  Tout comme l'éthanol, la RDD doit s'intéresser à d'autres filières technologiques que la filière alimentaire pour la production du biodiesel. Par exemple, des efforts devraient être consentis afin de créer une filière de production du biodiesel à partir de la biomasse ligneuse. Il faut regarder de près le développement de plantes énergétiques. La production de biodiesel à partir de la culture d'algues couplée ou non avec la filière éthanol cellulosique mérite aussi d'être prise en considération.

- **Améliorer l'utilisation du biodiesel par grands froids**

  La recherche doit porter sur la mise au point de nouveaux moyens qui garantissent une utilisation plus efficace du biodiesel par grands froids. Actuellement, l'utilisation du biodiesel en climat froid exige des précautions particulières lors du stockage et de la distribution. La RDD doit viser, en particulier, à optimiser l'utilisation du biodiesel B20 dans des secteurs où l'effet positif de l'utilisation de ce biocarburant est démontré, comme le secteur du transport scolaire[69].

2.4 Énergie solaire

La Stratégie énergétique (2006) souligne qu'en raison d'un fort ensoleillement l'énergie solaire au Québec présente un potentiel intéressant qui mérite d'être exploité; d'autant

---

[67] Norme ASTM D6751 pour le biodiesel pur et norme CGSB/CAN 3.520 pour les mélanges de 1 % à 5 %.

[68] La lignocellulose, formée d'hémicellulose, de lignine et de cellulose, est chauffée à haute température (plus de 800 °C). Le gaz produit appelé gaz de synthèse, peut être ensuite transformé en hydrocarbures de synthèse (C_nH_n).

[69] La disponibilité du produit étant limitée, il est fort possible que le marché ne pourra utiliser la plupart du temps que de faibles concentrations de biodiesel, de l'ordre de 2 % à 5 % (le B2 ou le B5). Or, à ces concentrations, le froid n'occasionne pas autant de problèmes qu'à des concentrations plus élevées (B20).

plus que les systèmes d'exploitation de l'énergie solaire adaptés aux conditions rigoureuses que connaît le Québec se rentabilisent plus rapidement que ceux utilisés dans les régions où les besoins en chauffage sont moindres.

L'exploitation de l'énergie solaire se fait selon deux modalités : l'énergie solaire passive et l'énergie solaire active.

L'énergie solaire passive désigne l'ensemble des techniques où la chaleur du soleil peut être utilisée sur place, sans être transférée au moyen d'un caloporteur tel que l'eau. Elle est surtout associée aux techniques de construction qui permettent des économies d'énergie pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage. Les murs solaires (parois métalliques perforées) et les matériaux de fenestration ainsi que la dimension et la disposition des fenêtres permettent de tirer profit de l'échauffement solaire.

L'énergie solaire active désigne l'ensemble des moyens qui permettent de capter et de transformer le rayonnement solaire pour diverses applications énergétiques : le chauffage de l'eau ou le préchauffage de l'air, la production d'électricité par des centrales à vapeur constituées de grands miroirs concentrant les rayons solaires et la production d'électricité à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques[70].

Le Québec peut compter sur des acteurs issus du milieu universitaire et du secteur privé (entreprises de fabrication et firmes de génie-conseil) dont les efforts de RDD portent sur l'utilisation du solaire passif et actif (voir annexe 2-B). Les coûts encore relativement élevés des systèmes solaires et le besoin d'en améliorer les technologies font en sorte qu'on privilégie généralement d'autres sources d'énergie plus concentrées, plus régulières et moins coûteuses. C'est pourquoi la RDD devrait viser à :

- **Intégrer l'énergie solaire aux bâtiments dès leur conception**

  Il faut que la RDD encourage l'intégration de l'énergie solaire passive et active dès la conception des bâtiments. L'énergie solaire doit être intégrée à l'architecture et à l'ingénierie[71]. À cet effet, il faut mettre au point de nouvelles techniques afin de faciliter l'intégration à l'infrastructure des bâtiments. De plus, il faut élaborer des systèmes de contrôle et d'évaluation du rendement, notamment pour les installations solaires domestiques.

- **Améliorer les matériaux**

  Sur ce plan, la RDD devrait s'intéresser aux matériaux d'absorption et à la « climatisation passive ». Il faut également étudier les nouveaux matériaux destinés aux panneaux solaires photovoltaïques.

[70] Un panneau solaire photovoltaïque (ou module solaire photovoltaïque) est un panneau constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques reliées entre elles électriquement.

[71] On estime que les gains thermiques internes ajoutés aux gains d'énergie solaire peuvent représenter 50 % de l'énergie requise pour le chauffage d'une maison neuve.

- **Abaisser les coûts et accroître le rendement**

  Afin d'abaisser les coûts et d'accroître les rendements, la RDD doit porter sur les systèmes de stockage d'énergie thermique, les capteurs solaires (thermiques), les chauffe-eau et les murs solaires. Il faut accroître les capacités de stockage d'électricité et trouver un moyen de faciliter le couplage avec le réseau et les autres systèmes de production d'énergie renouvelable.

- **Adapter les technologies aux conditions climatiques nordiques**

  Il importe d'améliorer le rendement des systèmes exploitant l'énergie solaire durant les jours de froid extrême. De plus, il faut adapter les technologies à la présence de la neige tout au long de la période hivernale.

2.5 Géothermie

Malgré les variations considérables de la température de l'air qu'on connaît au Québec, la température reste relativement élevée (entre 5 °C et 10 °C) à partir de quelques mètres de profondeur dans le sol. Les pompes à chaleur géothermiques (PACG) concentrent la chaleur du sol, ce qui permet de chauffer les espaces habitables. Les PACG offrent un rendement constant et peuvent procurer des économies substantielles de combustible ou d'électricité : réduction de 62 % des coûts de chauffage, de 28 % des coûts d'eau chaude et de 30 % des coûts de climatisation[72].

Le coût d'un système géothermique est cependant élevé, puisqu'il est le double de celui d'un appareil de chauffage central ou le quadruple d'un système à plinthes électriques. Malgré les économies d'énergie substantielles, le coût initial pourrait représenter un obstacle à la pénétration des systèmes géothermiques, surtout dans le secteur résidentiel[73]. Le potentiel de pénétration des pompes à chaleur géothermiques dans les secteurs institutionnel et commercial est plus intéressant en raison des économies d'échelle liées aux coûts d'achat et d'installation.

Le Québec possède plusieurs entreprises actives dans le domaine de la géothermie. Il peut aussi compter sur des centres de recherche dont les activités portent, entre autres, sur cette filière technologique (voir l'annexe 2-B). Afin d'abaisser encore davantage les coûts et de faciliter l'implantation des systèmes géothermiques, les efforts de recherche devraient viser à :

---

72. The Pembina Institute, *Economic Instruments for Renewable Energy in the Residential/Farm sector*, juillet 2007, p. 12.
73. L'installation d'un système géothermique pour chauffer un ensemble de maisons pourrait être un moyen efficace de contourner l'obstacle du coût initial.

- **Trouver des méthodes de forage moins onéreuses**

  Le forage représente la portion la plus élevée des coûts d'implantation des systèmes géothermiques. Il faut regarder du côté de l'innovation technologique et de l'adaptation des technologies utilisées ailleurs dans le monde, puis revoir les façons de faire.

- **Concevoir de nouveaux réfrigérants (caloporteurs biodégradables)**

  Il faut améliorer les rendements énergétique et environnemental des pompes géothermiques. Depuis l'interdiction de l'utilisation des CFC (chlorofluorocarbures) comme réfrigérant dans les systèmes à compression, les laboratoires de recherche multiplient les efforts pour trouver de nouveaux réfrigérants ayant les propriétés voulues sans être nocifs pour l'environnement.

- **Améliorer l'évaluation de la température du sol**[74]

  Il est important d'élaborer des méthodes et des instruments qui permettent une meilleure évaluation de la température minimale et maximale du sol à la profondeur de l'échangeur de chaleur avec le sol. La température du sol sert pour le dimensionnement de l'échangeur de chaleur avec le sol (ÉCS). Elle est également utilisée dans le modèle pour évaluer les pertes de chaleur du sous-sol des bâtiments résidentiels.

- **Améliorer l'analyse de faisabilité des projets de pompes à chaleur géothermiques**

  Il faut, par exemple, que les algorithmes tiennent davantage compte d'une demande simultanée en chauffage et en climatisation qui peut se produire à l'intérieur de bâtiments commerciaux, des débalancements thermiques à long terme ainsi que des charges de pointe.

- **Optimiser l'intégration du stockage**

  Il faut travailler sur les matériaux pour le stockage à court terme et étudier les sols pour le stockage à long terme.

2.6 Hydrogène

Grâce à des mesures incitatives et à des programmes gouvernementaux, le développement des technologies de l'hydrogène se fait à un rythme accéléré et soutenu dans plusieurs

[74] En principe, les systèmes PCG sont conçus pour rendre compatibles les charges de chauffage et de climatisation d'un bâtiment avec les capacités en chauffage et en climatisation qui pourraient être tirées du sol. Puisque ces charges et ces capacités sont en relation directe avec les variations de température de l'air et du sol, ces données sont nécessaires pour évaluer un projet de PCG.

pays, dont le Canada[75]. L'hydrogène fait l'objet de plusieurs projets de démonstration aux États-Unis, dans plusieurs pays européens (Allemagne, France et Royaume-Uni) et au Japon. Les grandes entreprises comme General Motors, Ford, Ballard, Toyota, Honda, Daimler Chrysler et plusieurs autres travaillent, entre autres, sur les piles à combustible pour les véhicules.

Pour la Stratégie énergétique (2006), l'éventuel remplacement des carburants fossiles dans le domaine des transports justifie amplement que le Québec poursuive ses efforts d'innovation et de développement de l'hydrogène en parallèle avec ses travaux sur les véhicules électriques[76]. L'hydrogène constitue, en effet, un carburant aux propriétés avantageuses car sa combustion avec l'oxygène se fait sans émission de GES. Toutefois, la production d'hydrogène se fait surtout à l'heure actuelle par reformage du gaz naturel[77], un procédé qui engendre l'émission de GES. En comparaison, l'électrolyse de l'eau, bien qu'elle soit actuellement plus coûteuse, permet de produire de l'hydrogène sans émission de GES si l'électricité provient d'une source d'énergie renouvelable.

Par ailleurs, l'hydrogène offre des possibilités de couplage avec les autres filières énergétiques. En effet, la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables comme l'éolien et le solaire photovoltaïque varie en fonction de la force du vent ou de l'ensoleillement. L'une des façons de contourner le problème des périodes de faible production est de stoker l'électricité produite durant les périodes de forte production sous forme d'hydrogène en utilisant le procédé de l'électrolyse.

Le Québec bénéficie d'un savoir-faire à chacun des stades de la filière (production, stockage et utilisation) et dans l'élaboration des normes de sécurité à mettre en œuvre pour en permettre un usage répandu, en plus de pouvoir compter sur des organismes pour faire la promotion de l'hydrogène (voir l'annexe 2-B). Ses entreprises et ses centres de recherche spécialisés sont bien positionnés pour résoudre les problèmes de stockage et de distribution de l'hydrogène, de même que pour accélérer la mise au point d'équipements utilisant ce vecteur d'énergie de façon fiable et économique, comme les piles à combustible.

---

75 « En 2003, le gouvernement fédéral a alloué 215 millions de dollars aux sciences et technologies relatives aux piles à combustible et à l'hydrogène, dont 195 millions de dollars à des activités visant une adoption et une commercialisation à court terme » (*Construire des alliances puissantes. Priorités et orientations en science et en technologies énergétiques au Canada*, Rapport du Groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l'énergie durable, 2006, p. 68).

76 Les véhicules électriques munis d'un moteur électrique alimenté par un bloc-batterie rechargeable seraient avec les véhicules à piles à combustible à l'hydrogène les seuls véhicules à émission zéro ou à très faibles émissions polluantes.

77 L'hydrogène peut être obtenu de diverses façons : reformage d'hydrocarbures, électrolyse de l'eau, gazéification de la biomasse et autres procédés.

Pour que le marché de l'hydrogène énergétique continue d'évoluer, il faudrait :

- **Améliorer les procédés de production**

  La RDD doit porter sur l'électrolyse à partir de l'hydroélectricité ou encore de l'énergie solaire (photoélectrolyse). La gazéification de la biomasse est également un procédé de production d'hydrogène qui mériterait d'être étudié.

- **Concevoir des technologies de stockage plus performantes**

  Il faut travailler sur la configuration des conteneurs et des réservoirs d'hydrogène (liquide ou gazeux) et d'hythane. De plus, il est important de s'intéresser aux matériaux qui entrent dans la fabrication des conteneurs et des réservoirs.

- **Poursuivre l'étude de la sécurité de l'hydrogène**

  La recherche devrait porter sur la modélisation et l'étude de la propagation des flammes. Elle doit aussi se pencher sur les normes et les règles de sécurité ainsi que sur les procédés d'examen des réservoirs.

- **Augmenter le rendement des piles à combustible**

  Le Québec doit poursuivre ses efforts dans les segments de marché où il possède déjà une expertise reconnue, étant donné la présence de plusieurs grands joueurs sur la scène mondiale.

AXE 3 - Énergie et société

Si l'on veut innover en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie, il est essentiel d'acquérir une compréhension globale des dimensions socioéconomiques et culturelles ainsi qu'une compréhension de leurs interactions. Comme le souligne d'ailleurs le Plan d'action sur les changements climatiques, « l'engagement de tous les acteurs de la société québécoise : citoyens, entreprises, municipalités et institutions publiques[78] » est important.

Ce troisième axe de recherche, de nature transversale[79], vient compléter les deux premiers. Il apporte avec lui l'éclairage des sciences humaines et sociales, dont une importante contribution des sciences économiques. Il est aussi l'occasion d'évaluer la pertinence de certains moyens d'action qui pourraient être éventuellement mis en

[78] *Le Québec et les changements climatiques : un défi pour l'avenir*, Plan d'action 2006-2012, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006, p. 17.

[79] Il touche à tous les secteurs de l'efficacité énergétique, à l'ensemble des nouvelles technologies de l'énergie ainsi qu'aux secteurs plus traditionnels (hydroélectricité, pétrole, gaz naturel, fission nucléaire, charbon).

œuvre en matière de promotion de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie, comme la mise en place de campagnes d'information et de sensibilisation.

Par ailleurs, l'axe 3 diffère des deux précédents dans la mesure où les principaux acteurs sur lesquels le Québec peut compter ne sont pas toujours facilement identifiables. Les groupes et les chercheurs en sciences humaines dont les activités ont été relevées se sont surtout intéressés jusqu'à présent au domaine des transports et à l'économie de l'énergie hydroélectrique (voir l'annexe 2-C). Or, le défi « Énergies nouvelles et renouvelables » demande que des recherches soient également menées sur les comportements individuels et collectifs en lien avec la consommation énergétique, sur les politiques incitatives les mieux à même de conduire à des changements de comportement et sur l'incidence des nouvelles technologies de l'énergie.

3.1 Territoire et ville

Le territoire québécois porte déjà la marque des choix qui ont été faits en matière de transport. Par ailleurs, s'il est bien encadré, le développement de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie pourrait contribuer, dans les prochaines années, à l'essor économique et social des régions. Il importe donc d'intégrer l'aménagement du territoire, la préservation des paysages et le développement des villes aux efforts de RDD en lien avec la problématique énergétique. Les chercheurs en aménagement du territoire et en urbanisme devraient :

- **Évaluer les conséquences de l'utilisation accrue des nouvelles technologies de l'énergie sur l'aménagement du territoire**

  Il faut regarder les conséquences environnementales de la production accrue d'éthanol cellulosique ou de biodiesel tiré de la biomasse sur les différents écosystèmes. De plus, il faudrait évaluer l'incidence sur le territoire de la mise en place d'une infrastructure de production et de distribution des différents carburants d'appoint aux combustibles fossiles (éthanol cellulosique, biodiesel et hydrogène). Il faudrait s'intéresser aux conséquences territoriales de la mise en place d'une infrastructure qui offre la possibilité d'effectuer la recharge des véhicules électriques à partir des bâtiments (résidence et lieu de travail). La recherche devrait se pencher sur les aspects positifs et négatifs de la présence de parcs d'éoliennes sur le développement régional ainsi que sur la protection des paysages. Enfin, il faut regarder de près les conflits d'usage qu'engendrent déjà ou que pourraient engendrer les nouvelles technologies de l'énergie selon les secteurs industriels ou encore selon les régions.

- **Étudier le transport collectif et le transport intermodal**

  Il faut, par exemple, regarder les types d'aménagement du territoire qui favorisent ou qui, au contraire, nuisent à une utilisation accrue du transport collectif en milieu urbain et en milieu rural. La recherche doit également se pencher sur les caractéristiques territoriales qui viennent influencer le transport intermodal.

3.2 Économie et gestion

La diminution de notre dépendance aux combustibles fossiles doit s'appuyer sur des analyses macro et microéconomiques des avantages et des inconvénients des différentes sources d'approvisionnement en énergie. Ces analyses doivent tenir compte de la création de richesse, de l'adaptation aux changements climatiques, de la préservation des milieux naturels et des conséquences sur la santé humaine des polluants atmosphériques. Les phénomènes de smog et de congestion urbaine, les accidents de la route et la détérioration du réseau routier, la qualité de l'air et les répercussions sur la santé humaine font aussi partie des externalités à considérer[80].

Dans la détermination de priorités de R-D en économie, le Québec doit miser sur sa capacité exceptionnelle à produire de l'hydroélectricité. Enfin, il faut prendre en compte, comme le souligne la Politique québécoise du transport collectif, le fait que « les investissements en transport en commun entraînent d'importantes retombées économiques pour le Québec[81] ».

Dans ce contexte, il faut tout particulièrement :

- **Évaluer les répercussions du prix de l'énergie**

  Il faut étudier la variation de l'importance relative du prix de l'énergie dans le prix du produit final. Il apparaît nécessaire de chercher à mesurer les incidences que cette variation a eues et aura dans des différents secteurs industriels du Québec sur le développement de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie. Les recherches devraient également porter sur les conséquences de la mobilité des personnes et des marchandises sur la consommation énergétique, notamment sur l'incidence de la variation des prix des combustibles fossiles sur le choix des modes et des technologies de transport.

- **Faciliter la prise en compte des externalités et des coûts intangibles**

  Il importe d'évaluer les conséquences environnementales directes et indirectes pour la société québécoise des activités économiques et de la consommation énergétique. L'analyse du cycle de vie et l'indice de performance climatique sur le cycle de vie (*Life Cycle Climate Performance*) sont des moyens d'évaluation des externalités qui méritent d'être développés, surtout que le Québec possède déjà une expertise dans le domaine.

---

[80] Des estimations européennes indiquent que ces coûts pourraient s'élever à plus de 8 % du produit national brut. En particulier, ils représenteraient plus du tiers du coût moyen associé à la possession et à l'usage d'un véhicule automobile (European Environment Agency, *External Costs of Transport*, version 20-08-2001).

[81] « On dénombre plus de 11 600 personnes à l'emploi des sociétés de transport et des entreprises privées qui exploitent des services de transport en commun. À ce nombre, il faut ajouter plus de 3 500 emplois indirects chez les fournisseurs. Pour la seule région de Montréal, les achats de biens et services réalisés pour les autorités organisatrices de transport en commun atteignaient 284 millions de dollars en 2003 » (*Le transport des personnes au Québec : pour offrir de meilleurs choix aux citoyens*, Politique québécoise du transport collectif, ministère des Transports [MTQ], 2006, p. 5).

- **Regarder les aspects économiques du déploiement des nouvelles technologies de l'énergie**

  Par exemple, la recherche économique sur l'énergie éolienne doit porter sur la demande et l'offre en électricité pour les marchés intérieurs et extérieurs ainsi que sur le développement régional. Il faut évaluer les coûts d'implantation d'une infrastructure de production et de distribution d'hydrogène. La recherche économique doit aussi se pencher sur la distribution et la production d'éthanol cellulosique à la grandeur du Québec.

3.3 Politiques incitatives

La réduction de notre dépendance à l'égard des combustibles fossiles pourrait éventuellement passer par un arsenal de politiques et de mesures d'encouragement – loi, réglementation, taxation, fiscalité. C'est pourquoi il faut :

- **Évaluer la portée des règlements et des lois déjà en place**

  On doit examiner dans quelle mesure les lois et la réglementation encouragent l'efficacité énergétique ou encore facilitent le développement des nouvelles technologies de l'énergie. Par exemple, la mobilité de la source d'émission de GES dans le domaine des transports vient-elle compliquer sérieusement l'application de la réglementation? Mieux connaître la situation actuelle permettra ensuite de proposer des lois et des règlements qui facilitent l'innovation en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie.

- **Comparer l'efficacité respective des différentes politiques incitatives**

  Par exemple, il serait important de connaître la portée des différentes politiques publiques en matière de transport, comme les programmes d'inspection des véhicules, les mesures fiscales en vue du renouvellement des parcs de véhicules et les différentes formes de tarification ainsi que les mesures incitant à recourir au transfert modal.

3.4 Individu et société

Tout progrès en matière de réduction de notre dépendance aux combustibles fossiles procède d'abord d'une décision, à la fois collective et individuelle, de transformer notre rapport à l'énergie[82]. L'ensemble des acteurs économiques fait des choix, notamment

[82] Par exemple, un « moteur qui tourne au ralenti pendant dix minutes par jour consomme en moyenne 100 litres de carburant par année et émet 254 kilogrammes de GES ainsi que plusieurs autres polluants atmosphériques nocifs pour la santé » (*Le Québec et les changements climatiques : un défi pour l'avenir*, Plan d'action 2006-2012, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP], 2006, p. 22).

en fonction de raisons objectives. Ainsi, toute l'incertitude ou le manque d'information entourant les caractéristiques et les avantages des nouvelles technologies peuvent constituer des barrières importantes à leur adoption.

Par ailleurs, les choix des acteurs économiques sont également influencés par des facteurs socioéconomiques et culturels. Il importe donc de bien comprendre les ressorts individuels et collectifs derrière les choix qui ont été faits dans le domaine de l'énergie et de bien mesurer les barrières psychologiques et sociales qui se dressent devant le changement.

Dans ce contexte, les chercheurs devraient :

- **Étudier l'acceptation sociale des nouvelles technologies**

  On ne doit pas sous-estimer la résistance au changement qui peut se manifester face à une innovation technologique qui présente pourtant des caractéristiques techniques supérieures à celles de la technologie éprouvée. Il faut, notamment, étudier les conditions qui facilitent ou qui gênent cette acceptation sociale des nouvelles technologies ou encore des nouvelles façons de faire. Il faut s'intéresser aux aspects culturels, au sein des entreprises ou encore de la société civile, qui risquent de ternir l'image des nouvelles technologies et, par conséquent, de freiner leur pénétration.

- **Évaluer l'effet de l'éducation et de la sensibilisation sur les comportements**

  Il serait, par exemple, important de mieux connaître l'influence respective de la publicité commerciale et de l'information gouvernementale ou paragouvernementale sur les comportements. De même, il faut évaluer dans quelle mesure les programmes de sensibilisation et d'information amènent les Québécois à prendre en compte les externalités dans leurs décisions.

- **Examiner les choix individuels en matière d'économie d'énergie**

  Il faut étudier, d'un point de vue anthropologique ou encore socioéthique, les ressorts individuels et collectifs derrière les choix qui ont été faits dans le domaine de l'énergie. Il importe de bien mesurer les barrières psychologiques et sociales qui se dressent devant le changement dans les façons de faire ou de se comporter qu'implique une consommation modérée d'énergie. Il apparaît important, par exemple, de comprendre le rapport affectif que semblent entretenir les individus – aussi bien les citadins que les ruraux – par rapport à l'automobile.

III MOYENS PROPOSÉS ET PRISE EN CHARGE

Moyens proposés

Comme le prévoient la Stratégie énergétique du Québec et la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation (SQRI), pour innover dans le domaine de l'énergie dans un contexte de haute compétitivité à l'échelle mondiale, le Québec doit augmenter encore davantage ses efforts de RDD en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie. Il doit avoir à sa disposition les connaissances nécessaires à une compréhension de plus en plus fine des dimensions réglementaire, territoriale, socioéconomique et culturelle de la problématique énergétique, de même qu'à une compréhension globale de ces différentes dimensions et de leurs interactions. De plus, des efforts ciblés autour d'un certain nombre d'objectifs de recherche doivent être consentis dans les domaines du bâtiment, de l'industrie et des transports afin d'en accroître l'efficacité énergétique. Il faut également fournir plus d'efforts de RDD dans les filières technologiques comme l'énergie éolienne, l'énergie solaire, les biocarburants (éthanol cellulosique et biodiesel), l'hydrogène et la géothermie.

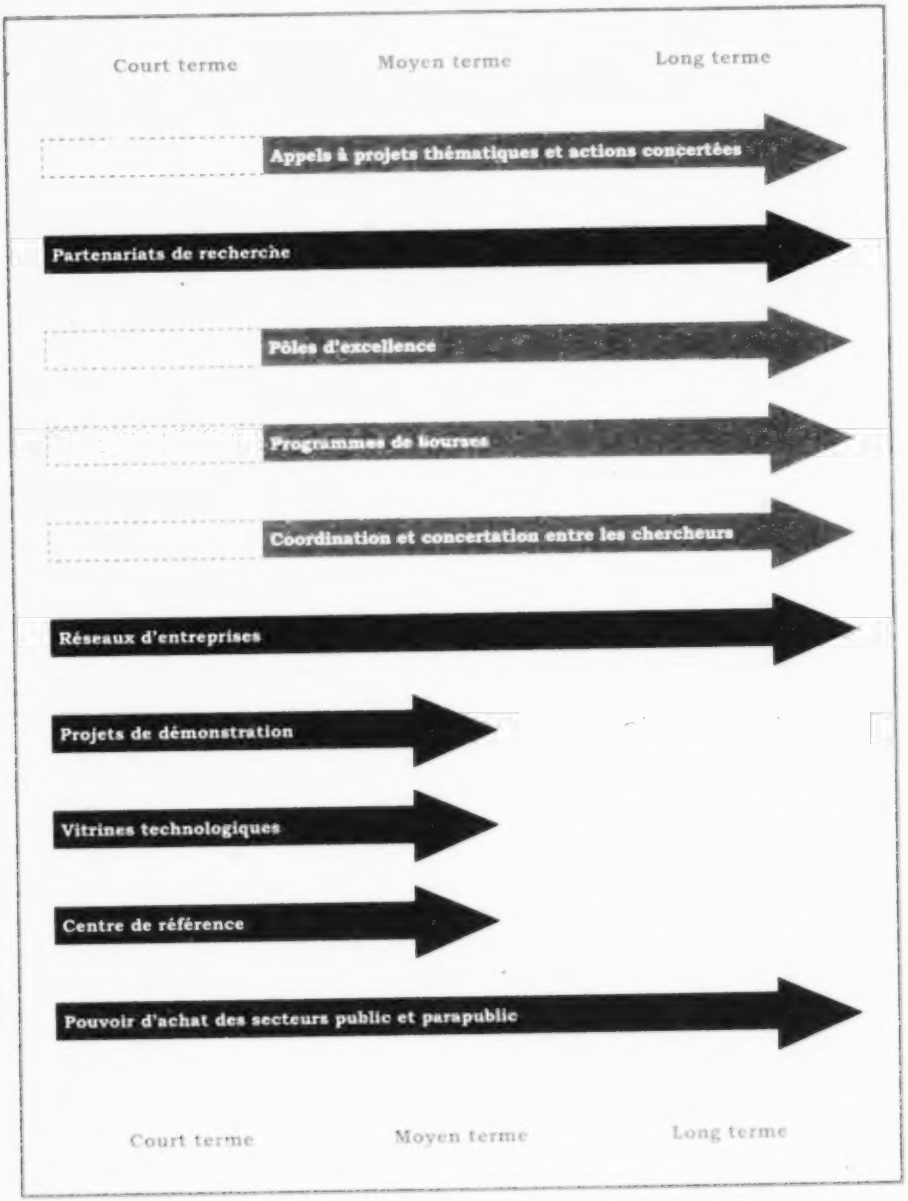
Les moyens que le Plan stratégique propose ont été regroupés sous deux thématiques : (1) consolider la base scientifique de recherche; (2) développer et commercialiser les technologies (voir le tableau 5).

Tableau 5
Moyens proposés

Moyens proposés pour consolider la base scientifique de recherche
• Appels à projets thématiques et actions concertées
• Programmes de bourses d'excellence
• Consolidation des instituts, des laboratoires et des chaires déjà en place et encouragement à l'émergence de tels pôles d'excellence là où le potentiel existe
• Création de lieux d'échange (forums ou sommets, par exemple)
Moyens proposés pour développer et commercialiser les technologies
• Pouvoir d'achat des secteurs public et parapublic (marchés publics)
• Partenariats de recherche université-entreprise
• Projets de démonstration
• Vitrines technologiques
• Réseaux d'entreprises
• Centre de référence en efficacité énergétique dans le bâtiment et les transports

Les moyens proposés s'appuient sur les trois orientations adoptées. Ils cherchent à servir de levier aux programmes gouvernementaux afin d'en accroître la portée. Ces moyens couvrent l'avenir de la RDD au Québec à court, moyen et long terme, puisqu'il faut prévoir qu'une fois ceux-ci mis en place les retombées s'étaleront sur une dizaine d'années au moins (voir le schéma 2).

Schéma 2
Horizon des retombées attendues des moyens proposés



Consolider la base scientifique de recherche

Il faut enrichir continuellement la base scientifique de recherche, tant la recherche fondamentale qu'appliquée, en ayant en tête dès le début l'importance des partenariats avec l'industrie. Il faut viser à accroître le nombre de chercheurs et encourager la relève. Il faut multiplier les occasions de collaboration entre le milieu industriel et le monde universitaire, grâce à la mise en place de programmes ou de mesures qui favorisent de tels échanges et qui facilitent en retour le développement économique du secteur de l'énergie ainsi que l'accroissement des connaissances et de l'expertise.

En plus des chercheurs déjà engagés dans la recherche portant sur l'énergie, le Québec possède un nombre élevé de chercheurs en science et génie dont les compétences pourraient être mises à contribution. De plus, il bénéficie d'un large bassin de chercheurs en sciences économiques, sociales et humaines qui pourraient grandement contribuer à éclairer les aspects comportementaux et socioculturels de la problématique de l'énergie. Ainsi, les chercheurs et les étudiants à la maîtrise et au doctorat qui s'intéressent au développement durable et à la protection de l'environnement devraient être encouragés à orienter leurs recherches sur le développement de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie afin de créer une masse critique de chercheurs en économie des ressources.

Afin d'élargir les connaissances et l'expertise à moyen et à long terme, le comité de pilotage propose que soient utilisés les moyens suivants :

- **Des appels à projets thématiques ainsi que des actions concertées**

  Ces deux programmes administrés par les fonds subventionnaires québécois (le FQRNT et le FQRSC) s'adressent aux équipes de chercheurs des cégeps et des universités. Ils peuvent servir à combler, à moyen et à long terme, un manque important de connaissances scientifiques et techniques dans un domaine prioritaire ou encore à accroître l'effort de recherche dans un domaine déjà établi. Ces programmes devraient chercher, dans la mesure du possible, à privilégier les projets élaborés en collaboration avec l'industrie.

  Le Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) et le Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture (FQRSC) pourraient mettre en place, en collaboration avec des partenaires comme l'Agence de l'efficacité énergétique et les distributeurs d'énergie, des appels à projets thématiques et des actions concertées sur plusieurs des objectifs de recherche des trois axes d'innovation et de développement. Il pourrait s'agir d'une grande action concertée (ou appel à projets thématiques) ou encore d'un ensemble cohérent d'actions concertées.

  Par exemple, il serait intéressant d'utiliser ce type de moyens pour en savoir davantage sur l'intégration des nouvelles technologies de l'énergie aux bâtiments, sur la diminution de la consommation d'énergie dans les différents procédés industriels, sur l'organisation du réseau routier et la logistique entourant la gestion

des flots de trafic, sur les plantes énergétiques pour la production de biocarburants, etc. De plus, les filières hydrogène, énergie solaire et énergie éolienne pourraient sans doute bénéficier du renforcement des connaissances grâce à la mise sur pied d'un ou de plusieurs appels à projets thématiques, par exemple dans le domaine des matériaux. Enfin, un programme de recherche orientée pourrait être mis sur pied sur l'ensemble des aspects socioéconomiques et culturels en lien avec l'efficacité énergétique et les différentes filières technologiques.

- **Des programmes de bourses d'excellence**

  Dans le contexte où la Stratégie québécoise de la recherche et l'innovation (SQRI) a annoncé que « les fonds recevront un montant additionnel de 32 millions de dollars », ce qui permettra d'accorder près de 900 bourses d'excellence supplémentaires[83], il faut s'assurer qu'un nombre substantiel de bourses d'études seront accordées à des projets portant sur l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies de l'énergie, tant en sciences naturelles et génie qu'en sciences humaines et sociales. Il faut donc envoyer un signal clair aux étudiants à la maîtrise et au doctorat en soulignant l'importance, pour l'industrie et la société québécoise dans son ensemble, de l'innovation et du développement en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie.

Afin de renforcer l'organisation de la recherche universitaire autour de pôles d'excellence à moyen et à long terme, le comité propose :

- **De consolider les instituts, les laboratoires et les chaires déjà en place et d'encourager l'émergence de tels pôles d'excellence là où le potentiel existe**

  Il s'agit ici de la mise en place d'infrastructures de recherche qui permettent d'atteindre une masse critique de chercheurs dans un domaine d'application donné ou autour d'un même objet de recherche. En plus du partage des installations et des équipements, les centres d'excellence facilitent la création de réseaux formels et informels de collaboration entre les chercheurs d'un même domaine de recherche ou de domaines de recherche différents.

  L'énergie solaire, l'éthanol cellulosique, l'énergie éolienne et l'hydrogène sont de bons exemples de domaines de recherche où le Québec possède des pôles d'excellence qu'il doit continuer à soutenir, notamment par le financement à long terme de leurs activités. De plus, comme le mentionne la SQRI, il est très important, non seulement de consolider les regroupements de recherche, mais aussi « de susciter la création de nouveaux regroupements dans des domaines jugés stratégiques pour le Québec[84] ». C'est pourquoi le Québec pourrait

[83] *Un Québec innovant et prospère*, Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), 2006, p. 24.

[84] *Ibid.*, p. 25.

appuyer la création d'autres pôles d'excellence dans la mesure où ils seraient en complémentarité avec ceux déjà en place. Par exemple, on pourrait encourager l'émergence d'un pôle d'excellence sur l'efficacité énergétique.

- **De créer des lieux d'échange (forums ou sommets, par exemple)**

  La création de lieux d'échange permettrait d'accroître la coordination et la concertation entre les chercheurs de toutes les disciplines universitaires concernées par la problématique de l'énergie. La nature même du défi énergétique fait en sorte de rendre contre-productif le cloisonnement entre les axes et entre les disciplines universitaires. Innover en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie demande que les projets tiennent compte à la fois des dimensions technique, socioéconomique et culturelle. Il faut encourager les échanges entre les chercheurs spécialisés dans l'une ou l'autre des différentes filières technologiques. Il faut aussi que les travaux en efficacité énergétique continuent de se réaliser en synergie avec ceux menés à l'intérieur des différentes filières technologiques. Enfin, il faut continuer d'intéresser les chercheurs en sciences économiques ainsi qu'en sciences humaines et sociales à l'efficacité énergétique et aux nouvelles technologies de l'énergie.

Développer et commercialiser les technologies

Le comité croit qu'il est nécessaire d'appuyer les entreprises dans leurs efforts de mise en marché des nouvelles technologies qu'elles développent. Ainsi, le Plan stratégique n'ignore pas les enjeux de la commercialisation, bien qu'il s'intéresse avant tout aux efforts de RDD à consentir pour que de nouvelles technologies émergent et se développent jusqu'à la démonstration[85].

L'élargissement de la base scientifique de recherche sur le plan des connaissances, de la relève universitaire, des pôles d'excellence et de l'échange entre chercheurs permet d'envisager avec optimisme le développement de l'industrie de l'énergie pour autant qu'il y ait, de part et d'autre, une volonté de miser sur la valorisation des résultats de la recherche effectuée à l'université et un désir commun d'accroître le transfert des connaissances en vue de la commercialisation.

Ainsi, le comité croit qu'il faut maintenir un environnement législatif, réglementaire et fiscal propice à la recherche industrielle en matière de financement et de main-d'œuvre qualifiée. Il faut donc s'assurer que le financement par capital de risque est disponible à toutes les étapes de la chaîne de valorisation. Il est également essentiel de poursuivre l'aide à l'embauche de personnel scientifique et technique, et de continuer de miser sur

[85] D'autres mesures plus spécifiquement tournées vers le soutien à la commercialisation devraient venir compléter les moyens proposés dans le présent plan stratégique.

le crédit d'impôt à la R-D, principal instrument de « soutien gouvernemental à la R-D industrielle[55] ».

De plus, il existe au Québec des organismes, tels que les centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT), les centres de liaison et de transfert (CLT), les sociétés de valorisation et les incubateurs technologiques, qui, d'une façon générale, s'emploient à faciliter la diffusion des technologies auprès des entreprises.

Afin de développer et commercialiser les technologies, le comité propose :

- **D'utiliser le pouvoir d'achat des secteurs public et parapublic**

  Le recours au pouvoir d'achat des secteurs public et parapublic (aussi appelé marchés publics) peut être un moyen de stimuler la R-D des entreprises. Tant les ministères et les organismes publics (y compris les sociétés d'État) que les municipalités et les grands réseaux de l'éducation et de la santé sont de forts acheteurs de biens et de services. Une société comme Hydro-Québec s'est longtemps illustrée par une stimulation de l'innovation chez ses fournisseurs en recourant à son pouvoir d'achat[56].

  À l'image de nombreux pays[57] et dans la mesure où le permettent les accords de libre-échange, le Québec pourrait utiliser le levier des contrats d'acquisition de biens et de services pour faire concevoir et développer toute une gamme de produits de haute technologie en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie. Le recours aux marchés publics devrait notamment cibler :

  - Les projets de RDD qui débouchent sur le développement de nouveaux produits;
  - Les projets de codéveloppement de produit où l'utilisateur gouvernemental collabore avec l'entreprise afin que la technologie en développement réponde à ses besoins propres;
  - Les projets de démonstration qui servent en même temps de vitrine technologique. Il s'agit ici d'acheter des produits québécois innovateurs rendus aux dernières étapes de leur développement.

Afin de susciter la création et le transfert de technologies à court et à moyen terme, le comité propose également :

---

[55] *Un Québec innovant et prospère*, Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), 2006, p. 34.

[56] Voir Conseil de la science et de la technologie, *Le marché public et le développement technologique au Québec : six rapports d'étude*, gouvernement du Québec, 1989.

[57] Le cas classique est celui de la Défense aux États-Unis et dans les pays européens. Un exemple récent est celui de l'appel lancé par Stationnement de Montréal (SdM) à l'automne 2007 pour la conception et la fabrication d'un vélo en libre-service unique à Montréal (source : Isabelle Paré, « Montréal à la recherche du vélo idéal », *Le Devoir*, vendredi 9 novembre 2007).

- **De former des partenariats de recherche université-entreprise**

  La Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation et la Stratégie énergétique du Québec misent beaucoup sur les partenariats de recherche, puisqu'il s'agit d'un moyen éprouvé pour accroître la synergie entre les chercheurs universitaires et les chercheurs en milieu de pratique. Ces partenariats facilitent la diffusion rapide des connaissances dans les deux sens entre les chercheurs universitaires et le milieu industriel, ce qui est essentiel à l'innovation[89]. Par ailleurs, les entreprises privées qui en sont membres contribuent au financement de façon importante (effet multiplicateur). Les partenariats de recherche permettent donc d'avoir une RDD de grande qualité qui est au service de l'industrie dans des secteurs prioritaires, tout en contribuant à l'avancement des connaissances.

  Le Québec a déjà une bonne expérience dans la formation de partenariats de recherche dans différents domaines et selon des formules variées, comme l'illustrent bien Ouranos[90] et le CRIAQ[91], ou encore le Réseau de recherche sur les bâtiments solaires[92]. Le comité croit que l'industrie de l'énergie et les universités, tant en efficacité énergétique qu'en nouvelles technologies de l'énergie, pourraient profiter, si ce n'est déjà fait[93], de la formation de tels partenariats.

Afin d'encourager la commercialisation à court et à moyen terme, le comité propose :

- **De recourir aux projets de démonstration**

  La démonstration est une étape essentielle dans le processus de mise en œuvre des résultats de la R-D. Il s'agit d'un excellent moyen de transfert de la recherche universitaire vers l'industrie, mais également d'une source importante de nouvelles idées en raison des problèmes d'intégration que seule la démonstration permet de faire apparaître au grand jour. Lorsque vient le temps de procéder à la démonstration, il faut également prendre en considération les besoins de

---

89 « La chaîne de valorisation de résultats de recherche universitaire pour une technologie en général peut être passablement raccourcie si les résultats de la recherche à valoriser sont issus d'un partenariat avec une entreprise. De nombreuses étapes de valorisation en milieu universitaire peuvent alors être escamotées ou réalisée par l'entreprise » (Denis N. Beaudry, Louise Régnier et Sonia Gagné, *Chaînes de valorisation de résultats de la recherche universitaire recelant un potentiel d'utilisation pour une entreprise ou par un autre milieu*, étude, Conseil de la science et de la technologie, 2006, p. 7).

90 Ouranos a pour mission l'acquisition de connaissances sur les changements climatiques et sur leurs conséquences. Plus de huit ministères et organismes québécois y participent, de même que trois universités.

91 Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec.

92 Piloté par des chercheurs de l'Université Concordia, ce consortium de recherche regroupe et canalise les efforts de nombreux chercheurs canadiens et représentants de compagnies engagés dans la conception de divers systèmes d'énergie solaire.

93 Un projet de consortium, Énergie durable Québec (EDQ), a été élaboré au début de l'année 2007. Ce projet vise à regrouper les entreprises et les chercheurs des différentes filières technologiques en lien avec l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies de l'énergie autour de la RDD portant sur les matériaux et les procédés à valeur ajoutée.

mesurage, qui sont essentiels pour quantifier les économies d'énergie associées aux technologies et pour valider les modèles. Le recours aux projets de démonstration peut se faire par des appels à projets et des propositions spontanées. L'utilisation d'une procédure contractuelle établie selon un processus public (appel à projets) pour le financement de projets menés par des groupes de recherche universitaires, par des firmes privées ou encore par un consortium apparaît particulièrement appropriée dans le cas des filières technologiques, où les besoins en connaissances nouvelles sont très caractéristiques. De plus, il est très important de laisser la porte ouverte à la réception de propositions spontanées venant des chercheurs du milieu industriel ou des différents groupes de recherche universitaires que compte le Québec[64].

- **D'utiliser les vitrines technologiques**

  Les vitrines technologiques sont en quelque sorte le complément logique de la démonstration sur le chemin menant à la commercialisation. Une fois que la valeur commerciale d'un nouveau produit ou d'un nouveau procédé est bien établie, il demeure important de convaincre les entreprises de l'avantage économique lié à son adoption. C'est pourquoi il faut aider les entreprises novatrices, aussi bien celles qui ont de nouvelles technologies à proposer que celles qui sont prêtes à courir le risque d'être les premières à les adopter. Cette aide doit viser à accroître la visibilité des technologies en émergence sur le territoire québécois et à l'étranger. Les projets de bâtiments performants qui incorporent les nouvelles technologies de l'énergie comme l'énergie solaire et la géothermie sont de bons exemples où les vitrines technologiques, en complémentarité avec les projets de démonstration, pourraient faciliter l'accès au marché.

- **De réseauter les entreprises**

  Comme le font déjà chacun à leur façon EnviroClub et le Centre québécois de valorisation des biotechnologies (CQVB), il faut créer des occasions de transfert, de dialogue et de maillage entre les entreprises qui s'intéressent déjà ou qui pourraient être intéressées par l'innovation en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie. Le programme EnviroClub, dont l'approche est particulièrement bien adaptée aux besoins de la PME, a favorisé la réalisation de plusieurs projets ayant une incidence sur l'efficacité énergétique. De son côté, le CQVB, en particulier par son Réseau Bioproduits, a soutenu l'effort d'innovation des entreprises des bio-industries orientées vers une meilleure utilisation de nos sources d'énergie et vers un développement industriel durable.

[64] Les appels à projets et les propositions spontanées peuvent aussi répondre rapidement à des besoins ciblés de connaissances scientifiques. Ils s'adressent donc autant au milieu industriel qu'aux chercheurs universitaires. Par exemple, le biodiesel pourrait profiter d'appels à projets, notamment pour l'adaptation au climat froid du Québec, le biodiesel ayant tendance à figer à basse température.

Afin d'augmenter le taux de pénétration des technologies, le comité propose :

- **De mettre sur pied un centre de référence en efficacité énergétique dans le bâtiment et les transports**

  Ce centre aurait pour tâche d'informer de façon impartiale les chercheurs, les entreprises et la population sur les avantages et les inconvénients des technologies disponibles sur le marché. Il serait responsable de dresser l'inventaire des technologies offertes sur le marché, de les valider (processus d'audit), de proposer des modèles de retour sur l'investissement et de diffuser l'information. L'information recueillie par le centre viendrait principalement d'études de cas et de projets de démonstration (statistiques, monitoring, encadrement et suivi d'implantation, études d'impacts, etc.).

  Un tel centre pourrait être piloté par l'Agence de l'efficacité énergétique. Ce centre pourrait agir à titre de vitrine technologique vouée à la promotion de technologies québécoises. Il pourrait créer des liens entre d'éventuels acheteurs, comme les gestionnaires de parcs automobiles, et les distributeurs et les fabricants de technologies. En effet, prouver que la technologie fonctionne en situation réelle, montrer qu'elle a été utilisée par des pairs et attester qu'elle est cautionnée par un organisme indépendant sont des étapes très importantes dans le processus de commercialisation d'une technologie.

  Enfin, le centre pourrait s'intéresser à l'étiquetage, comme Énerguide, à la normalisation et à la certification, qui ont un rôle important à jouer dans la commercialisation des nouvelles technologies. La certification d'un produit n'est possible que lorsqu'une norme est fixée. Le travail de normalisation est donc crucial pour permettre aux nouvelles technologies d'accéder au marché.

***

Par ailleurs, il apparaît important d'accroître la synergie entre les programmes gouvernementaux. En effet, au Québec, aux sommes octroyées par les organismes subventionnaires québécois[95] et fédéraux[96] s'ajoutent d'importantes sommes d'argent mises à la disposition des chercheurs et de l'industrie dans le cadre de la mise en œuvre de différents programmes du gouvernement du Québec, comme le soutien financier accru

[95] Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) et Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture (FQRSC).

[96] Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH).

à la maturation technologique annoncé dans la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation[97].

De même, il existe au fédéral plusieurs programmes en mesure de financer des projets de RDD au Québec en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie, par exemple l'Initiative écoÉNERGIE qui financera la RDD (230 millions de dollars) portant notamment sur la bioénergie, les systèmes de transport propres et le milieu bâti[98].

Enfin, il importe de s'assurer que la RDD québécoise s'effectue dans un environnement ouvert sur le monde, d'où l'importance d'encourager continuellement les chercheurs et les entreprises à prendre part à des projets canadiens, nord-américains et internationaux, comme le projet Euro-Québec Hydro-Hydrogène[99].

Prise en charge du Plan stratégique

Le Plan stratégique interpelle plusieurs ministères et organismes publics. Il apparaît en effet essentiel dans une perspective de développement durable que les différents acteurs concernés par la problématique énergétique et les changements climatiques collaborent davantage.

Le comité est d'avis que l'Agence de l'efficacité énergétique aura un rôle important à jouer au cours des prochaines années dans la réalisation de ce qu'il propose en vertu du nouveau mandat qui lui a été confié par le gouvernement à la suite de l'entrée en vigueur de la Loi concernant la mise en œuvre de la Stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives[100].

> « L'Agence de l'efficacité énergétique reçoit donc le mandat de concevoir et de proposer des programmes de soutien à l'innovation technologique à la Régie de l'énergie dans le cadre de son plan d'ensemble en efficacité énergétique[101]. »

---

97. « Un investissement additionnel total de 18 millions de dollars pour les trois prochaines années sera consenti et s'ajoute au montant de 15 millions annoncé dans le Discours sur le budget 2006-2007. Cet investissement permettra de compléter la maturation technologique d'environ 25 technologies porteuses, issues de la recherche publique. Il permettra également de soutenir la création d'une trentaine de projets d'entreprises » (*Un Québec innovant et prospère*, Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation, ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation [MDEIE], 2006, p. 51-52).
98. « Le gouvernement du Canada lance l'Initiative écoÉNERGIE sur la technologie », *Communiqué*, 17 janvier 2007 [En ligne] http://www.ecoaction.gc.ca/news-nouvelles/20070117-fra.cfm (Page consultée le 1er février 2008).
99. *L'hydrogène, une voie pour l'avenir*, ministère des Ressources naturelles, 2000, p. 9.
100. *Loi concernant la mise en œuvre de la stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives*, Lois du Québec 2006, chapitre 46.
101. *L'énergie pour construire le Québec de demain*, La stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2006, p. 66.

Le comité croit que le Plan stratégique saura guider les différents acteurs en énergie dans leurs activités d'encouragement à la RDD en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie, et qu'il permettra d'appuyer la mise en œuvre des différentes stratégies et des différents plans d'action déployés au regard de la lutte contre les changements climatiques et de l'adaptation de la société à ces changements.

Réduire notre dépendance à l'égard des énergies fossiles et faire du Québec un chef de file dans les domaines de l'efficacité énergétique et des nouvelles technologies de l'énergie demandent un effort concerté de tous les acteurs pour tirer le meilleur parti de la recherche et développement universitaire ainsi que de la recherche, développement et démonstration industrielle.

Annexe 1
Liste des membres du comité de pilotage

Présidente

Mme Nadia Leullier, ing.
Chargée de projet
Agence de l'efficacité énergétique

Membres

M. Stéphane Bilodeau
Président
Groupe Énerstat inc.

M. Sabin Boily
Consultant

Mme Nathalie Boucher
Directrice exécutive
Centre de données et d'analyse sur les transports (CDAT)
Université Laval

M. Richard Chahine, ing., Ph. D.
Directeur, Institut de recherche sur l'hydrogène
Titulaire de la chaire CRSNG sur le stockage de l'hydrogène
Département de génie électrique et génie informatique
Université du Québec à Trois-Rivières

M. Esteban Chornet
Professeur
Département de génie chimique
Université de Sherbrooke

M. Claude Descôteaux
Directeur général
Association québécoise de la production d'énergie renouvelable (AQPER)

Mme Sophie Hosatte
Directrice
Groupe Bâtiments CETC-Varennes
Ressources naturelles Canada

M. Richard Lamarche
Vice-président
Division énergie
Alcoa Canada

M. Christian Masson
Professeur
Chaire de recherche sur l'aérodynamique des éoliennes en milieu nordique
Département de génie mécanique
École de technologie supérieure

M. Pierre Vézina
Directeur Énergie et Environnement
Conseil de l'industrie forestière du Québec (CIFQ)

Observateurs

M. Alain Bergeron
Secrétaire général
Conseil de la science et de la technologie

M. Gabriel Clairet
Conseiller en recherche et innovation
Direction des politiques et des analyses
Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE)

Mme Sylvie Dillard
Présidente-directrice générale (jusqu'en septembre 2007)
Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT)

M. Benoit Drolet (jusqu'en mai 2007)
Coordonnateur de la R-D
Direction des politiques et des technologies de l'énergie
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF)

M. Paul Fortier (depuis septembre 2007)
Vice-président aux affaires scientifiques et aux partenariats
Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT)

M. Robert Giguère (depuis mai 2007)
Directeur
Direction des politiques et de la coordination
Secteur énergie et mines
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF)

M. Yves Langhame
Chef, Innovation stratégique
Hydro-Québec (IREQ)

Conseil de la science et de la technologie

M. Richard Blanchette
Coordonnateur du comité
Agent de recherche

Annexe 2
Les acteurs au Québec en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie

La présente annexe regroupe les acteurs québécois (entreprises et groupes de recherche) qui effectuent de la RDD en efficacité énergétique (axe 1), dans l'une ou l'autre des filières technologiques appartenant aux nouvelles technologies de l'énergie (axe 2) ou, encore, relativement aux aspects socioéconomiques et culturels de la problématique énergétique (axe 3).

Étant donné les orientations adoptées dans le Plan stratégique, la constitution de ces listes d'acteurs avait pour principaux buts : (1) de donner un aperçu, le plus complet possible, de la RDD au Québec; (2) de guider le comité dans le choix des objectifs de recherche.

Par ailleurs, ces listes d'acteurs ne sont sans doute pas exhaustives. Il est fort possible que d'autres entreprises et d'autres groupes de recherche que ceux mentionnés ci-après contribuent déjà, ou pourraient éventuellement apporter une contribution importante, aux efforts de recherche en efficacité énergétique et en nouvelles technologies de l'énergie[102].

A. Les principaux acteurs de l'axe 1

Efficacité énergétique dans le bâtiment

Au Québec, universités, centres de recherche publics, entreprises[103] et distributeurs d'énergie, Hydro-Québec et Gaz Métro en tête, font de la RDD portant sur l'efficacité énergétique des bâtiments.

La RDD sur l'enveloppe à forte étanchéité et à faible déperdition se fait à l'INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications (INRS-EMT), qui effectue des travaux sur les matériaux dans son volet énergie, et à l'Université Concordia, qui possède un laboratoire permettant de valider la performance thermique d'un ensemble. De plus, plusieurs entreprises investissent dans l'innovation technologique dans le domaine des matériaux isolants,

[102] Cela est particulièrement vrai pour l'axe 3, car les groupes de recherche qui ont été relevés se sont surtout intéressés jusqu'à présent au domaine des transports et à l'économie de l'énergie hydroélectrique. Or, le défi « Énergies nouvelles et renouvelables » demande que des recherches soient également menées sur les comportements individuels et collectifs en lien avec la consommation énergétique, sur les politiques incitatives les mieux à même de conduire à des changements de comportement et sur l'impact des nouvelles technologies de l'énergie.

[103] Il est important de noter que la majorité des entreprises de l'industrie de la construction sont des PME. D'une façon générale, celles-ci sont moins en mesure de faire de la RDD que les grandes entreprises.

comme le Groupe Isolofoam et Owens Coming. Du côté fédéral, l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada (IRC-CNRC) met au point des technologies innovatrices pour la conception et la construction d'enveloppes écoénergétiques, performantes et économiques, destinées autant à la construction de bâtiments neufs qu'à la rénovation.

L'INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications effectue également de la RDD dans le domaine des équipements à faible incidence énergétique, notamment sur les systèmes énergétiques décentralisés. De leur côté, les distributeurs d'énergie, tels qu'Hydro-Québec et Gaz Métro, travaillent sur les systèmes de chauffe. Le Laboratoire des technologies de l'énergie d'Hydro-Québec (LTE) se consacre à la découverte d'applications nouvelles pour l'utilisation de l'électricité ou de formes combinées d'énergie. Les ingénieurs du Centre des technologies du gaz naturel travaillent en collaboration avec ceux du Groupe DATECH pour évaluer les nouvelles technologies gazières de chauffage[104]. Enfin, certaines entreprises investissent en RDD dans la ventilation.

En ce qui a trait à l'intégration des nouvelles technologies de l'énergie, le Québec peut compter sur la présence, à l'Université Concordia, du Réseau de recherche sur les bâtiments solaires et, à l'École de technologie supérieure (ÉTS), sur la Chaire de recherche du Canada en ingénierie assistée par ordinateur pour la conception de bâtiments durables. De plus, le LTE élabore des outils de modélisation énergétique afin de mieux quantifier l'incidence de l'intégration des nouvelles technologies sur la consommation énergétique des bâtiments. Parmi les 31 centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) des cégeps du Québec regroupés au sein du Réseau Trans-tech[105], le Centre d'innovation en microélectronique du Québec (CIMEQ) possède une expertise dans les systèmes de contrôle distribués intelligents. Ses activités visent plusieurs segments stratégiques, dont les bâtiments intelligents. Enfin, au fédéral, le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET – Varennes (CTEC-Varennes) effectue de la RDD sur les bâtiments en matière d'intégration technologique, particulièrement pour les systèmes CVC-R (chauffage, ventilation, climatisation et réfrigération), les énergies renouvelables ainsi que l'optimisation du fonctionnement des systèmes mécaniques.

Par ailleurs, la promotion de l'efficacité énergétique au sein de l'industrie de la construction est assurée par plusieurs acteurs au Québec. L'Agence de l'efficacité énergétique a favorisé la construction d'habitations efficaces grâce à son concept Novoclimat pour les maisons et les habitations multirésidentielles. Actuellement, l'Agence met à jour la

[104] Le mazout et le bois sont également utilisés comme énergie de chauffage au Québec. Toutefois, la conception et la mise en marché d'appareils de chauffage au mazout et au bois ayant une performance énergétique et environnementale accrue y accusent un certain retard, notamment par rapport à ce qui se fait en Europe à cet égard.

[105] Le Réseau Trans-tech regroupe les centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) des cégeps du Québec qui sont répartis dans douze régions du Québec. Ce sont des lieux de recherche technologique qui entretiennent des liens privilégiés avec les entreprises. Les principales activités des CCTT consistent en des travaux de recherche appliquée, d'aide technique, de veille et de diffusion d'information. Ces centres sont également en mesure d'apporter une formation technique adaptée aux besoins des entreprises.

réglementation sur l'efficacité énergétique des bâtiments neufs et sur celle des appareils fonctionnant à l'électricité et des appareils fonctionnant aux hydrocarbures.

Le ministère du Développement économique, de l'Exportation et de l'Innovation et la Société d'habitation du Québec ont, eux aussi, des programmes incitatifs pouvant soutenir l'efficacité énergétique. De son côté, l'organisme CONTECH tient annuellement des événements sur le bâtiment dans le but de stimuler la communication et l'échange d'information entre les différents intervenants du monde de la construction[106].

Au fédéral, la Société canadienne d'hypothèques et de logement, l'Office de l'efficacité énergétique et l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada (IRC-CNRC) font la promotion de l'efficacité énergétique dans les bâtiments. De plus, le Programme d'action en réfrigération pour les bâtiments du CTEC-Varennes a permis de récupérer la chaleur rejetée par les systèmes frigorifiques pour le chauffage des espaces occupés, de l'air de ventilation et de l'eau de consommation en ce qui concerne les bâtiments qui comportent des systèmes de réfrigération comme les supermarchés et les aréna. Le fédéral a également créé la cote énergétique Énerguide dans le secteur résidentiel et la cote Cool Solution pour les arénas, ce qui permet de comparer les bâtiments et d'encourager le passage à l'efficacité énergétique, notamment grâce au programme Réno-Climat de l'Agence de l'efficacité énergétique qui finance une partie du coût de l'évaluation énergétique résidentielle. Enfin, le CTEC-Varennes étudie la portée de l'optimisation continue des bâtiments (mise au point et remise au point – *Commissioning, Re-Commissioning*). Il est aussi doté d'un centre d'aide à la décision sur les énergies propres, RETScreen International.

Efficacité énergétique dans l'industrie

En appui à la RDD que mènent les entreprises[107], le Québec peut compter sur des centres ou des chaires de recherche qui se consacrent à l'efficacité énergétique des procédés industriels dans des secteurs reconnus comme étant énergivores, c'est-à-dire la métallurgie, les pâtes et papiers ainsi que l'aluminium.

Les travaux de la Chaire industrielle CRSNG/Alcan/Hydro/CTEC-Varennes en efficacité énergétique de l'Université de Sherbrooke portent sur les procédés industriels. Le Metals Processing Centre de l'Université McGill étudie, entre autres, les questions énergétiques et environnementales (*Energy and environment in metals processing*). Le Centre de recherche en ingénierie du papier (CRIP) de l'École Polytechnique affiliée à l'Université de Montréal étudie l'industrie des pâtes et papiers. Il travaille sur les nouvelles technologies pour l'efficacité énergétique, sur l'utilisation plus efficace de l'énergie et des matières

[106] En général, les architectes, ingénieurs, entrepreneurs et sous-traitants travaillent en silo, ce qui rend difficiles l'intégration de nouvelles technologies ou l'élaboration de nouvelles façons de faire.

[107] À noter que les données disponibles ne permettent pas de dresser un portrait de la RDD industrielle dans le domaine de l'efficacité énergétique.

premières, de même que sur la réduction des effluents. La Chaire en intégration des procédés dans l'industrie des pâtes et papiers à l'École Polytechnique, en partenariat avec le CTEC-Varennes, Kruger, Stora Enso, Tembec et Papiers White Birch, travaille à améliorer l'efficacité énergétique dans ces applications par l'optimisation des systèmes selon une approche globale. L'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), le Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium ainsi que la Chaire industrielle relative à la solidification et à la métallurgie de l'aluminium (CISMA) étudient l'économie d'énergie dans le processus de transformation de l'aluminium. La Chaire industrielle CRSNG en génie de conception environnementale (I3P) de l'École Polytechnique étudie elle aussi l'efficacité énergétique, notamment par la simulation de procédés.

De plus, plusieurs acteurs interviennent auprès des entreprises afin de les aider à innover en efficacité énergétique.

Dans le secteur du bois et des pâtes et papiers, Feric, une des divisions de FPInnovations, étudie les opérations et systèmes de récolte, les opérations et systèmes sylvicoles, de même que les systèmes de gestion et de contrôle. La division Forintek, pour sa part, se penche sur le bois de sciage, sur la fabrication de matériaux composites et sur les produits à valeur ajoutée. Enfin, la division Paprican étudie la mise en pâte chimique, la mise en pâte mécanique et la fabrication du papier.

Le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) accompagne les entreprises dans leur démarche d'innovation en mettant à leur disposition une expertise de pointe dans les domaines des technologies de fabrication, de l'information industrielle et technologique, et de la normalisation. Le CRIQ travaille, entre autres, dans les secteurs des première et deuxième transformations du bois, des pâtes et papiers et de l'aluminium.

Le CTEC-Varennes élabore des outils et des méthodes pour optimiser les procédés industriels et il réalise des activités destinées à la promotion, à la démonstration et au renforcement des compétences liées à l'optimisation des procédés industriels.

Le Laboratoire des technologies de l'énergie d'Hydro-Québec aide les entreprises (industries et PME) à concevoir des procédés électriques efficaces et performants dans le domaine du séchage, du chauffage, du traitement thermique, de l'électrochimie et des hautes températures.

Le programme EnviroClub, pour sa part, a permis la réalisation de plusieurs projets en efficacité énergétique particulièrement bien adaptés aux besoins des PME.

Parmi les CCTT, le Centre spécialisé de technologie physique du Québec inc. (CSTPQ) poursuit des projets de recherche appliquée dans plusieurs domaines, dont les nouveaux systèmes de contrôle de la consommation énergétique.

Le Réseau Trans-Al regroupe les PME et les intervenants concernés par la production et la transformation de l'aluminium, tandis que le Réseau canadien de technologie – Québec

offre la possibilité de recourir à des ressources compétentes en matière de développement technologique. Plus particulièrement, le groupe HEIST (*High Energy-efficient Industrial Systems and Technologies*) vise la production de technologies efficaces.

Efficacité énergétique dans les transports

Une partie importante de la RDD universitaire s'organise autour du Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT). Le CIRRELT est né de la fusion du Centre de recherche sur les transports (CRT) de l'Université de Montréal et du Centre de recherche sur les technologies de l'organisation-réseau (CENTOR) de l'Université Laval, auxquels se sont joints les chercheurs du groupe Polygistique de l'École Polytechnique de Montréal et ceux de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) regroupés autour de la Chaire de recherche industrielle du CRSNG en management logistique de l'École des sciences de la gestion (ESG).

Membre du CIRRELT, la Chaire en management logistique de l'École des sciences de la gestion de l'UQAM étudie la création et l'analyse de systèmes innovateurs d'organisation et de gestion des mouvements des véhicules de marchandises dans les zones urbaines.

Le Centre de recherche sur les transports (CRT) de l'École Polytechnique de Montréal et de HEC Montréal, qui est membre du CIRRELT, étudie tous les modes de transport. Il se spécialise dans la conception de modèles et de méthodes quantitatives ainsi que de systèmes informatiques. Rattachée au CRT, la chaire CN en intermodalité des transports se consacre à l'étude des moyens pour optimiser les infrastructures de transport et les rendre plus efficaces. Le Laboratoire de planification en transport urbain (groupe MADITUC)[108] de l'École Polytechnique de Montréal se consacre, quant à lui, à la planification et à la modélisation du transport urbain.

Plusieurs autres regroupements de chercheurs étudient le domaine des transports. Ainsi, à l'Université Laval, le Groupe de recherche interdisciplinaire mobilité, environnement, sécurité (GRIMES), qui est rattaché au Centre de recherche en aménagement et développement (CRAD), se penche sur l'avenir de la mobilité des personnes (au regard de l'efficacité énergétique, de l'environnement et de la santé publique), notamment par la mesure et la modélisation des processus comportementaux. Toujours à l'Université Laval, le Centre de données et d'analyse sur les transports (CDAT), qui relève du Département d'économique, cherche à améliorer l'état des connaissances concernant la consommation de carburant et l'efficacité énergétique de l'ensemble des modes de transport au Canada.

[108] Modèle d'analyse désagrégée des itinéraires de transport urbain collectif.

Le Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD), qui regroupe des chercheurs de l'École des hautes études commerciales de Montréal, de l'École Polytechnique, de l'Université McGill et de l'Université du Québec à Montréal, travaille à la gestion optimale des ressources énergétiques, particulièrement dans le contexte de la génération d'électricité. Au sein du GERAD, la Chaire de recherche du Canada en optimisation des grands réseaux de transport (OGRT) de l'École Polytechnique de Montréal travaille à la production de logiciels d'optimisation pour la gestion du personnel et des véhicules dans les grands réseaux de transport (avions, trains et autobus). Le groupe Polygistique de l'École Polytechnique se penche sur le transport de marchandises, l'entretien hivernal du réseau routier et le transport par conteneurs.

Le Québec compte également une chaire de recherche sur le transport maritime à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), qui se penche sur les nouvelles stratégies à adopter dans le contexte de la libéralisation de l'économie à l'échelle internationale.

Quant au Groupe de recherche interdisciplinaire en gestion de l'environnement (GREIGE), accrédité à l'Institut des sciences de l'environnement (ISE) de l'UQAM, il étudie le problème des changements climatiques entraîné par la prolifération du transport routier fondé sur la combustion d'hydrocarbures. Il examine les possibilités qu'offre l'innovation technologique (locomotion rapide, cybernétique du transport, gestion de la chaîne logistique, commerce électronique, etc.).

Par ailleurs, plusieurs chercheurs universitaires sont engagés dans la recherche sur les piles Ni-métal hydrure (INRS-EMT), les piles au lithium (UQAM) et les supercondensateurs électrochimiques (INRS-EMT et UQAM). Ces derniers permettraient, dans le cas des tramways, d'éliminer les caténaires[109] en effectuant une recharge rapide au moment de la descente et de l'embarquement des passagers. De son côté, la Chaire de recherche du Canada en microfluidique et microsystèmes énergétiques à l'Université de Sherbrooke développe des technologies pour la génération d'électricité à partir, par exemple, de la chaleur des gaz d'échappement d'une voiture en utilisant les microtechnologies (MEMS).

Parmi les centres collégiaux de transfert de technologie, l'Institut du transport avancé du Québec (ITAQ) travaille, notamment, sur les propulsions électrique et hybride, de même que sur les infrastructures requises pour les nouvelles technologies du transport avancé (stations de carburant de remplacement, de recharge électrique). Le Centre de recherche appliquée en technologie maritime poursuit des projets de recherche appliquée en logistique des transports maritime, ferroviaire et routier. Il se penche aussi sur le transport intermodal, les technologies de l'information et les flux de transport, l'évaluation des systèmes de transport et la gestion portuaire. L'expertise dans les systèmes de contrôle distribués intelligents que possède le Centre d'innovation

[109] Lignes aériennes de traction électrique.

en microélectronique du Québec (CIMEQ) trouve également des applications dans le domaine des transports.

Par ailleurs, la promotion des voitures électriques et la RDD sont prises en charge par le Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec (CEVEQ), qui regroupe des spécialistes de technologies de pointe (recherche appliquée, aide technique, information, animation et formation). Comme acteurs en RDD sur les véhicules électriques, il faut aussi mentionner le Groupe de recherche spécialisé dans l'élaboration des équipements de contrôle électrique de l'ÉTS et le Centre spécialisé de technologie physique du Québec (CSTPQ).

Enfin, plusieurs entreprises au Québec travaillent sur différentes technologies qui visent à réduire, d'une façon ou d'une autre, la consommation de carburants fossiles dans les transports. Par exemple, Zenn Motor Compagny de Saint-Jérome est le concepteur de la ZENN, une voiture entièrement électrique, Phostech Lithium s'intéresse aux matériaux de cathodes à base de phosphate de fer qui entrent dans la fabrication de batteries lithium-ion, LithChi produit de nouveaux électrolytes (sels fondus) pour les piles lithium-ion, Bathium Canada inc. (anciennement AVESTOR) travaille sur les batteries lithium-métal-polymères (LMP), une technologie mise au point par Hydro-Québec, et GENTEC se spécialise dans l'équipement électrique de conversion d'énergie électrique et de gestion de dépenses énergétiques. De plus, le Réseau de transport de la Capitale, la Société de transport de Montréal et Nova Bus, un fabricant d'autobus urbains, font partie des entreprises qui s'intéressent aux carburants de remplacement et aux systèmes hybrides.

B. Les principaux acteurs de l'axe 2

Énergie éolienne

Le Québec peut compter sur la présence de plusieurs acteurs en lien avec les milieux universitaire et industriel, dont l'Institut de recherche Hydro-Québec (IREQ), qui, en plus de poursuivre des travaux de recherche sur la production, le transport et la distribution d'électricité, est engagé dans l'intégration de l'énergie éolienne au réseau.

À l'ÉTS, la Chaire de recherche sur l'aérodynamique des éoliennes en milieu nordique cible des thématiques centrales et essentielles au développement et à l'exploitation des parcs éoliens. Elle se consacre à la modélisation avancée de l'aérodynamique et à l'élaboration de procédures de tests pour les éoliennes et les parcs éoliens. D'autres chaires s'intéressent également à l'énergie éolienne, bien qu'il ne s'agisse pas de leur principal objet de recherche. À l'École Polytechnique de l'Université de Montréal, une partie des travaux de la Chaire industrielle CRSNG/Hydro-Québec sur la gestion des systèmes hydriques porte sur la gestion optimale d'un parc de production comprenant des éoliennes et des centrales hydroélectriques. La Chaire en aéronautique J.-A. Bombardier possède

une expertise dans le domaine des éoliennes, notamment les codes aérodynamiques, le calcul des charges aérodynamiques et des performances de turbines, de même que la simulation numérique du décrochage dynamique.

Du côté des centres de recherche, le Laboratoire de recherche en énergie éolienne (LREE) de l'UQAR étudie, entre autres, les conditions d'exploitation de l'énergie éolienne, l'adaptation et le développement de turbines en milieu nordique ainsi que l'inventaire des vents. Il faut aussi mentionner l'Institut de recherche Brace de l'Université McGill qui se spécialise dans les systèmes d'énergies renouvelables, le Groupe de recherche et d'étude sur le couplage hydro-éolien et le Groupe de recherche en analyse et modélisation énergétique (GAME) de l'INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications. GAME se penche sur l'intégration des grands parcs d'éoliennes dans les réseaux électriques existants et sur l'estimation des ressources par techniques satellites.

Par ailleurs, le centre CORUS, mis sur pied par le TechnoCentre éolien Gaspésie-Les Îles en collaboration avec plusieurs universités québécoises et en liaison avec l'industrie éolienne, consacre ses efforts à l'édification d'un réseau de savoir-faire québécois en matière d'énergie éolienne en milieu nordique (conditions climatiques, potentiel éolien et essais sur le terrain, aérodynamique des pales et simulation des parcs éoliens, matériaux et procédés, givre et techniques de dégivrage).

Enfin, le projet pancanadien de réseau stratégique de recherche sur l'éolien, dont le chercheur principal est à l'Université du Nouveau-Brunswick, regroupera un bon nombre de chercheurs québécois rattachés à l'Université McGill, à l'ÉTS, à l'Université Laval, à l'UQAC et à l'UQAR.

Du côté de l'industrie, malgré l'absence d'un turbinier de calibre international sur le territoire québécois, notamment pour la production d'éoliennes nordiques, le Québec peut compter sur la présence de plusieurs entreprises dans les secteurs de la distribution, de la fabrication et des services.

Plusieurs entreprises québécoises du domaine de la fabrication vendent des produits en lien avec l'énergie éolienne au Québec et ailleurs au Canada. Par exemple, Électrovent et Énergie PGE fabriquent de petites éoliennes et Vertica fabrique des éoliennes à axe vertical. D'autres entreprises fabriquent des constituants importants, comme des tours (Marmen), des nacelles (VCI), des pales (LM Glassfiber) et des turbines de 2 MW (AAER Systems).

Par ailleurs, des entreprises comme Éocycle et Eo-synchro fabriquent des alternateurs, des convertisseurs et des générateurs de tension électrique pour eoliennes.

Enfin, AAT inc. se spécialise dans la collecte de données, le Groupe Ohmega inc. possède un service qui travaille à l'automatisation et à la télémétrie appliquée au domaine de l'énergie éolienne, et Tesnic inc. conçoit actuellement une turbine d'un design breveté pour les marchés résidentiel, agricole et commercial.

Dans le secteur des services, plusieurs firmes d'ingénieurs-conseils ont une spécialisation en énergie éolienne, par exemple Hélimax Énergie, Genivar, GPCo inc., Groupe RSW, Pesca Environnement, etc. De plus, des entreprises participent à la réalisation et à l'exploitation des sites, comme c'est le cas pour Boralex, Cartier Énergie, Gaz Métro, 3Ci, Groupe Axor, Hydroméga, Innergex, etc., tandis que d'autres travaillent dans l'évaluation environnementale comme Procean, une filiale de SNC-Lavalin.

Sur le plan de l'organisation du milieu industriel, le Québec peut déjà compter sur un regroupement de plusieurs entreprises (Lefebvre Frères ltée, Groupe Ohméga inc., Fabrication Delta inc., Hélimax Énergie inc.), qui a pour mission la fabrication et la mise en marché de turbines éoliennes de grande dimension. De plus, l'Association québécoise de la production d'énergies renouvelables (AQPER) s'occupe de la promotion de l'énergie éolienne comme source d'énergie renouvelable. Il en va de même pour l'Association de l'industrie électrique du Québec et pour l'Association canadienne de l'énergie éolienne.

Éthanol cellulosique

Le Groupe de recherche sur les technologies et procédés de conversion de l'Université de Sherbrooke possède une expertise, entre autres, dans le fractionnement de la matière cellulosique, dans la conversion des plantes fourragères en éthanol et dans la gazéification des résidus forestiers et des déchets. Des chercheurs du Département de génie chimique de l'École Polytechnique travaillent au bioraffinage de la biomasse et à la production de biocarburants. Par ailleurs, une équipe de chercheurs du Jardin botanique de Montréal étudie les plantations énergétiques[110]. Le Centre For Structural and Functional Genomics (CSFG) de l'Université Concordia se penche sur les enzymes fongiques capables de décomposer la matière cellulosique. À l'Université McGill, le Réseau des cultures vertes (RCV)[111] s'intéresse à la production, notamment par voie enzymatique, de biocarburants à partir de la matière cellulosique des résidus forestiers, des arbres à cycle de vie court et des herbes hautement productives. Enfin, des chercheurs du CRIQ s'intéressent à l'évaluation du bilan énergétique et à la production d'éthanol à partir de plantes (particulièrement le maïs) et également de résidus cellulosiques.

Au fédéral, l'Institut de recherche en biotechnologie (IRB) du CNRC soutient et effectue de la R-D de pointe dans le domaine des bioprocédés et de l'environnement. De son côté, REAP-CANADA fait de la recherche dans le domaine de l'accroissement du rendement des plantations à des fins alimentaires, industrielles et énergétiques.

[110] Les plantes énergétiques sont réparties en trois catégories : (1) les plantes à base de lignocellulose, notamment les espèces d'arbres à croissance rapide, les herbes à fort potentiel de biomasse et les plantes entières de céréales; (2) les oléagineux, dont font partie le colza, la caméline et le tournesol; (3) certaines plantes riches en sucre et en amidon (source : Agence de l'énergie, [En ligne]. [http://fr.ael.lu/cms/front_content.php?idcat=88]).

[111] Green Crop Network (GCN).

Au moins deux réseaux de transport collectif s'intéressent à la bioénergie : le Réseau de transport de la Capitale et la Société de transport de Montréal. Des entreprises privées sont aussi actives dans la filière technologique de l'éthanol. Par exemple, Enerkem Technologies inc., une société de développement technologique, travaille dans le domaine de la transformation des déchets et de la valorisation énergétique de la biomasse (biocarburants et coproduits commercialisables). Éthanol GreenField exploite une distillerie à Varennes qui produit de l'éthanol (120 millions de litres par année) à partir de maïs-grain. Tembec, qui est avant tout une entreprise intégrée de produits forestiers, produit 17 millions de litres d'éthanol par fermentation. Enfin, l'entreprise Vaperma a créé une nouvelle membrane polymérique (à fibre creuse SiftekMC) qui permet de séparer la vapeur d'eau de l'éthanol, ce qui réduit de beaucoup la consommation d'énergie.

Quant à la promotion de l'éthanol, elle est endossée par plusieurs acteurs comme l'Association québécoise de la production d'énergies renouvelables (AQPER), le Conseil de l'industrie forestière du Québec, l'Institut canadien des produits pétroliers et la Coop fédérée, de même que FPInnovations, qui effectue également de la recherche et du transfert technologique. Pour sa part, le Conseil québécois du biodiesel fait la promotion des biocarburants en général et du biodiesel en particulier.

Biodiesel

Parmi les CCTT, l'Institut du transport avancé du Québec (ITAQ) s'intéresse aux biocarburants (biodiesel et éthanol). Il élabore différents projets dont l'objectif principal est de valider la faisabilité technique liée à l'utilisation de biodiesel en conditions hivernales. Oleotek inc. effectue de la recherche appliquée et de la caractérisation en oléochimie[112], notamment dans le secteur des biocarburants (biodiesel, esters et alcools).

Le Québec peut miser sur plusieurs acteurs pour la promotion du biodiesel, notamment sur le Conseil québécois du biodiesel et sur le Centre québécois de valorisation des biotechnologies (CQVB).

L'innovation dans le domaine du biodiesel concerne, par exemple, le Centre de recherche industrielle du Québec, le Réseau de transport de la Capitale et la Société de transport de Montréal[113] ainsi que des entreprises comme Nova Bus (une entreprise dont les véhicules peuvent d'emblée utiliser le biodiesel jusqu'à une concentration de 20 % – B20), Rothsay Biodiesel (une entreprise qui participe à la production de biodiesel à partir d'huiles usées et de gras animaux).

[112] Les transformations physicochimiques appliquées aux huiles et aux graisses animales et végétales.

[113] La STM adoptera progressivement le B5 pour sa flotte de véhicule en 2008. Voir « C'est parti, les bus de la STM roulent au biodiesel! », *Communiqué de presse*, Montréal, le 19 novembre 2007 [En ligne] (http://www.stm.info/info/comm-07/co071119.htm (Page consultée le 1 février 2008).

Le projet BioBus, le plus important projet de démonstration de l'utilisation du biodiesel en Amérique du Nord, a été mené à Montréal de mars 2002 à mars 2003. Au cours de l'année, les autobus de la Société de transport de Montréal ont brûlé 600 000 litres d'un carburant diesel additionné de composés oléagineux produits à partir de déchets de l'agro-industrie. Les données obtenues ont permis de mesurer le rendement du biodiesel dans les climats froids et ont montré qu'une réduction d'environ 22 000 tonnes de dioxyde de carbone par année est possible avec le biodiesel B20.

Par ailleurs, l'utilisation du biodiesel au Québec est actuellement entravée par la difficulté de pénétrer le réseau de distribution du diesel. Il n'y a pas au Québec de « mélangeur », c'est-à-dire un organisme ou une entreprise intermédiaire qui se chargerait de la préparation des mélanges (B2 à B20) que les sociétés de transports aimeraient acheter.

Énergie solaire

Le Québec peut compter sur plusieurs acteurs en RDD dans le milieu universitaire, notamment le Réseau de recherche sur les bâtiments solaires piloté par des chercheurs de l'Université Concordia. Ce consortium de recherche regroupe et canalise les efforts de nombreux chercheurs canadiens et représentants de compagnies engagés dans la conception de divers systèmes d'énergie solaire. De plus, des travaux menés sur l'élaboration de piles solaires électrochimiques au Département de chimie de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) permettent d'envisager des coûts plus bas et une plus grande facilité d'intégration des capteurs photovoltaïques à l'infrastructure des bâtiments. Des chercheurs de l'UQAM développent des nanomatériaux semi-conducteurs organiques et inorganiques utilisés dans les piles solaires. Le Laboratoire des technologies de l'énergie d'Hydro-Québec (LTE) et le CTEC-Varennes travaillent sur les systèmes hybrides et l'intégration au réseau. Enfin, des travaux sur les matériaux qui ont des applications dans le domaine de l'énergie solaire sont menés à l'INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications, à l'Institut de recherche Brace de l'Université McGill ainsi qu'au Département de chimie des matériaux moléculaires organiques de l'Université Laval et au Laboratoire pour l'étude de matériaux de pointe par spectroscopie ultrarapide de l'Université de Montréal.

Plusieurs entreprises participent au développement de l'énergie solaire au Québec. Par exemple, Enerconcept, Énergie Matrix inc., SolAg inc., Innergy Tech, Venmar et Gentec commercialisent et implantent des systèmes pour la ventilation et le contrôle climatique et thermodynamique. HLT énergie propose des systèmes de chauffe-eau solaire, la compagnie Techno-Solice inc. commercialise des capteurs pour le chauffage des piscines et le Groupe Enerstat s'occupe du stockage thermique. ICP Global technologies, Centenial Solar et CSE Power Technologies vendent des panneaux solaires, des chargeurs solaires pour l'automobile et des chargeurs de batteries solaires.

Du côté des services, on dénombre plusieurs firmes d'architectes ou de génie-conseil qui s'intéressent à l'énergie solaire, comme Michel Dallaire et Associés, Pageau, Morel et Associés, Solener, Thermtech, TN Conseil. De plus, les spécialistes de technologies de pointe du Centre spécialisé de technologie physique du Québec aident les entreprises manufacturières à adapter les nouvelles technologies à leurs besoins.

Enfin, la promotion de l'énergie solaire est assumée notamment par la Fondation de recherche de l'Association provinciale des constructeurs d'habitations du Québec (APCHQ), l'Association des industries solaires du Canada, l'Association québécoise de la production d'énergie renouvelable et Énergie solaire Québec ainsi que par Gestion Valeo s.e.c., qui s'occupe de la valorisation des résultats de la recherche pour l'ÉTS, l'UQAM, l'UQAR et l'Université Concordia.

Géothermie

Le Québec possède une bonne expertise dans ce domaine et ses chercheurs entretiennent des relations privilégiées avec des centres de recherche de renom à l'échelle internationale, notamment en Allemagne, en France et en Espagne.

La RDD est assurée par le Groupe THERMAUS de l'Université de Sherbrooke, qui est spécialisé dans les systèmes d'échangeurs de chaleur et la gestion des systèmes thermiques, ainsi que par le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET – Varennes, le Laboratoire des technologies de l'énergie d'Hydro-Québec et le Centre des technologies du gaz naturel de Gaz Métro.

Par ailleurs, plusieurs entreprises sont impliquées dans le domaine, par exemple le groupe Master, Airtechni, Géothermix (systèmes de chauffage et de climatisation à l'aide de thermopompes géothermiques pour des applications résidentielles, commerciales et industrielles); le groupe Enerstat (production de systèmes thermiques à haute efficacité : systèmes de contrôle climatique et thermodynamique); Dessau, Géo-Énergie inc. et Pageau, Morel et Associés (firme-conseil spécialisée dans la conception de bâtiments à haute efficacité énergétique).

Enfin, la Coalition canadienne de l'énergie géothermique s'occupe de mettre en présence les intervenants des secteurs privé et public et de coordonner leurs actions en vue d'élaborer des produits et services associés aux pompes à chaleur géothermiques et d'en faire la promotion. Elle travaille à l'amélioration de la compétitivité sur le plan du coût de revient, au développement de l'infrastructure, au renforcement de la confiance du public et à la création de programmes nationaux liés à la formation et à la certification.

Hydrogène

Le Québec bénéficie d'un savoir-faire à chacun des stades de la filière (production, stockage et utilisation) et dans l'élaboration des normes de sécurité à mettre en œuvre pour en permettre un usage répandu. De plus, il peut compter sur des organismes pour faire la promotion de l'hydrogène. Ses entreprises et ses centres de recherche spécialisés sont bien positionnés pour résoudre les problèmes de stockage et de distribution de l'hydrogène, de même que pour accélérer la mise au point d'équipements utilisant ce vecteur d'énergie de façon fiable et économique.

Le Québec peut compter sur des spécialistes en mesure de perfectionner les meilleures technologies de production d'hydrogène par électrolyse[114] et d'élaborer des technologies et des systèmes de stockage d'hydrogène parmi les plus avancés au monde. En ce domaine, les principaux acteurs sont : l'IREQ, l'Institut de recherche sur l'hydrogène (IRH), la Chaire de recherche industrielle du CRSNG en stockage de l'hydrogène de l'UQTR[115] et le groupe de recherche spécialisé en électrocatalyse et en développement de matériaux et techniques d'électrolyse de l'Université de Sherbrooke.

Plusieurs entreprises sont elles aussi actives en RDD au Québec dans le domaine de l'hydrogène. Par exemple, Air Liquide Canada et Hydrogen Link s'occupent de la production, du stockage et du transport de l'hydrogène, tandis que TISEC, SIUS et les bancs d'essai de l'IRH se penchent sur l'examen non destructif de réservoirs ainsi que de citernes de gaz et de produits sous pression.

Les chercheurs québécois sont également présents dans le domaine des applications technologiques de l'hydrogène avec la Chaire de recherche GM/CRSNG, spécialisée dans le domaine de l'électrocatalyse appliquée aux piles à combustible de l'INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications. De plus, les chercheurs du Laboratoire d'électrochimie et des matériaux énergétiques de l'École Polytechnique conçoivent de nouveaux matériaux pour l'amélioration des rendements des procédés électrochimiques et des piles à combustible. Enfin, le Centre de recherche en énergie, plasma et électrochimie (CREPE) de l'Université de Sherbrooke et de l'Université McGill travaille à la conception de matériaux pour les piles à combustible à oxyde solide (SOFC) de nouvelle génération.

Du côté des entreprises québécoises, Hydrogen Engine Center est engagé, par exemple, dans la fabrication et la commercialisation des systèmes de contrôle et d'adaptation à l'hydrogène de moteurs à combustion interne. Hyteon et Energy OR Technologies Inc.

---

[114] L'élaboration de procédés d'électrolyse à haute température, faisant appel au gaz naturel pour le préchauffage de l'eau, permettrait de produire au Québec de grandes quantités d'hydrogène, à bas coûts, pour répondre aux besoins mondiaux liés à la production des piles à combustible. Cette possibilité est actuellement examinée par des chercheurs de l'IREQ.

[115] L'IRH est l'un des rares centres de recherche spécialisés dans ce domaine à l'échelle internationale. Il a établi des coopérations avec le Laboratoire des technologies de l'énergie (LTE) d'Hydro-Québec et de nombreuses entreprises étrangères.

conçoivent des piles à combustible pour diverses applications. Les entreprises québécoises possèdent une expertise dans l'adaptation des moteurs à combustion interne à l'utilisation de l'Hythane™, un mélange de gaz naturel et d'hydrogène qui est présenté comme un carburant de transition vers « le tout hydrogène ».

En matière de normes de sécurité, le Québec a une grande expertise dans le domaine de l'hydrogène par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ), à qui l'Organisation internationale de normalisation a confié la responsabilité du secrétariat de l'ISO/TC 197 sur les technologies de l'hydrogène[116]. Le BNQ contribue de façon importante à l'élaboration des règlements techniques mondiaux (RTM) sur les véhicules utilisant l'hydrogène comme carburant. Outre le Canada, seize pays sont membres de ISO/TC 197 et participent aujourd'hui activement à des travaux de normalisation dans le domaine de l'hydrogène. L'IRH, qui est un membre expert de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), a poursuivi des travaux de recherche financés par le Réseau AUTO21[117] sur la sécurité de l'hydrogène et sur l'infrastructure.

Le Québec compte aussi des organismes qui se chargent de faire la promotion de l'hydrogène. E-H2 inc. Corporation fait la promotion des technologies de l'hydrogène et contribue à leur industrialisation[118]. La Technopole Vallée du Saint-Maurice apporte assistance et conseil en vue de la valorisation des activités industrielles et commerciales des entreprises et groupes de recherche. De son côté, Services techniques et commerciaux Mij inc. et sa filiale Société Conseil HyExpert inc. fournissent des services professionnels dans ce domaine à l'ensemble de la « communauté de l'hydrogène » depuis 1988 tant au Québec qu'au Canada. Enfin, l'Association canadienne de l'hydrogène fait la promotion de la production, du transport, du stockage et de l'utilisation de l'hydrogène, et travaille au développement de l'industrie.

C. Quelques acteurs importants de l'axe 3

Villes Régions Monde (VRM) est un réseau interuniversitaire en études urbaines et régionales qui rassemble les chercheurs québécois autour des questions de l'organisation territoriale et du développement, de l'aménagement et de l'environnement, de la gestion du secteur local et des nouveaux enjeux urbains. VRM poursuit, entre autres, des projets sur les crédits de carbone et la mise en place d'une taxe sur le stationnement dans la grande région de Montréal.

---

116 L'ISO/TC 197 vise la standardisation des systèmes et appareils impliqués dans la production, le stockage, le transport, la quantification et l'utilisation de l'hydrogène.

117 Le réseau AUTO21 est une initiative de recherche nationale appuyée par le gouvernement du Canada par l'intermédiaire de la Direction des Réseaux de centres d'excellence. Il a été mis sur pied dans le but de concentrer les connaissances et l'expérience des chercheurs canadiens pour améliorer la compétitivité globale de l'industrie canadienne de l'automobile.

118 E-H2 inc. fermerait ses portes prochainement.

Les aspects plus microéconomiques en lien avec l'énergie sont étudiés notamment par le Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD). Ce groupe interuniversitaire regroupe HEC Montréal, l'École Polytechnique, l'Université McGill et l'UQAM. Il travaille sur des applications en gestion optimale des ressources énergétiques, particulièrement dans le contexte de la génération d'électricité.

En ce qui concerne la prise en compte des externalités et des coûts intangibles, le Québec peut compter sur l'expertise du Centre de référence sur l'analyse, l'interprétation et la gestion du cycle de vie (CIRAIG) qui rassemble Hydro-Québec, l'Université de Montréal, l'École Polytechnique de Montréal, HEC Montréal, l'UQAT, l'UQAC, l'UQTR et l'École Polytechnique de Paris. Le CIRAIG travaille, entre autres, à la modélisation économique *life cycle costing* et s'intéresse au modèle de gestion du cycle de vie (GCV). Le CIRAIG se penche sur les impacts juridiques et réglementaires ainsi que sur les impacts sociaux de la gestion du cycle de vie (GCV).

À l'Université Laval, la recherche s'organise autour du Centre de recherche en aménagement du territoire (CRAD) qui étudie les processus spatiotemporels dans toute leur complexité. Ses travaux portent sur la transformation des habitats, les dynamiques socioéconomiques et l'évolution de la mobilité. Au sein du CRAD, le Groupe interdisciplinaire de recherche sur les banlieues (GIRBa) étudie l'influence de l'automobile sur l'aménagement des banlieues, tandis que le Groupe de recherche interdisciplinaire mobilité, environnement, sécurité (GRIMES) se penche sur les impacts de la mobilité des personnes, notamment à travers la modélisation des processus comportementaux, l'efficacité énergétique, l'environnement et la santé publique.

Le Centre de données et d'analyse sur les transports (CDAT) de l'Université Laval s'intéresse aux processus d'intégration des nouvelles technologies de transport. Il étudie les carburants de remplacement, notamment à leur adoption par les consommateurs. Il examine également les impacts économiques et environnementaux de différentes politiques visant à favoriser l'efficacité énergétique dans le secteur des transports.

L'offre et la demande dans le domaine énergétique sont étudiées en particulier à l'Université Laval. La Chaire en économique de l'énergie électrique et la Chaire de recherche du Canada en environnement, toutes deux associées au Groupe de recherche en économie de l'énergie de l'environnement et des ressources naturelles (GREEN) de l'Université Laval, collaborent, entre autres, à un projet de recherche sur la demande et le prix de l'énergie. Le Centre de données et d'analyse sur les transports (CDAT), également rattaché au GREEN, étudie la relation entre la mobilité des personnes et des marchandises, la consommation de carburant et l'environnement. Enfin, le GREEN analyse également la portée de la réglementation environnementale.

Au sein de l'Institut des sciences de l'environnement (ISE) de l'UQAM, l'équipe de la Chaire d'études sur les écosystèmes urbains étudie la prise en compte de la problématique environnementale dans la planification, la gouvernance et le suivi de la mise en œuvre des projets d'infrastructures de transport.

La Chaire de responsabilité sociale et de développement durable de l'École des sciences de la gestion de l'UQAM regarde les nouvelles régulations sociales dans le contexte de la mondialisation et les innovations socioéconomiques portées par les acteurs au regard des défis énergétiques.

L'incidence des facteurs environnementaux sur l'offre et la demande intéresse le Groupe de recherche en analyse et modélisation énergétique (GAME) de l'INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications. Le Centre de recherche sur la gouvernance des entreprises publiques et l'intérêt général (CERGO) de l'ENAP et de la Téluq dans son axe de recherche « énergie, gouvernance et environnement » recense l'ensemble des écrits sur les dispositifs de gouvernance dans le secteur de l'électricité en Amérique du Nord et en Europe.

Le Groupe d'études et de recherche sur le management et l'environnement (GERME) de l'Université de Montréal cherche à mieux comprendre les facteurs économiques, financiers et sociaux qui incitent l'entreprise à adopter une conception administrative qui tient compte des questions environnementales.

À l'École Polytechnique, le groupe MADITUC s'intéresse à l'évasion socio-fiscale et aux iniquités entre les usagers du transport collectif et ceux des autres modes de transport. Il travaille à la conception d'outils informatiques qui visent à répartir plus équitablement la facture globale des différents modes de transport terrestre sur un territoire donné, à partir du portrait détaillé des utilisateurs de ces différents modes.

Au Centre universitaire de formation de l'Université de Sherbrooke, qui est associé à l'Observatoire de l'environnement et du développement durable de Sherbrooke – Université de Sherbrooke et Université Bishop –, les projets touchent, entre autres, le développement durable des ressources du Québec et la filière éolienne.

Avec l'appui financier d'Hydro-Québec, l'Université Concordia a créé en 2007 une chaire de recherche multidisciplinaire en économie de l'énergie qui se penche sur la demande d'électricité, les problèmes environnementaux et le profil des différentes catégories de consommateurs.

www.csf.gouv.qc.ca

Québec